



Dataudveksling og -integration i byggesektoren ved brug af IT

Sørensen, Lars Schiøtt

Publication date:
1998

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Sørensen, L. S. (1998). *Dataudveksling og -integration i byggesektoren ved brug af IT*. Technical University of Denmark. BYG-Rapport No. R-020

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

DATAUDVEKSLING OG -INTEGRATION I BYGGESEKTOREN VED BRUG AF IT

LARS SCHIØTT SØRENSEN



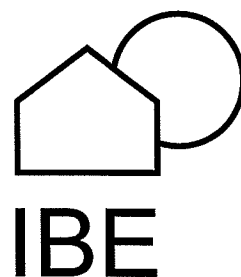
**RAPPORT
R-020**

1998

ISSN 1396-4011

ISBN 87-7877-020-3

**INSTITUT FOR BYGNINGER OG ENERGI
DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET**



Dataudveksling og -integration i byggesektoren ved brug af IT
Ph.D.-projekt udført ved Institut for Bygninger og Energi, DTU

Copyright © by Lars Schiøtt Sørensen, jan.1998, E-mail: LSS@ibe.dtu.dk

Udgivet af : Institut for Bygninger og Energi
/ Lars Schiøtt Sørensen
Danmarks Tekniske Universitet (DTU)

Tryk : LTT, Bygning 101, DTU, 2800 Lyngby
Bogbinder : H. Meyer, Bygning 101, DTU, 2800 Lyngby

Lyngby, DK, ISSN 1396-4011/ ISBN 87-7877-020-3

Forord

Denne Ph.D.-afhandling er resultat af et treårigt studieforløb, startende 1. februar 1995. Studiet er gennemført ved Institut for Bygninger og Energi (IBE), Danmarks Tekniske Universitet (DTU). Studiet er finansieret gennem et DTU-stipendium og faglig vejleder for studiet har været lektor, lic. techn. Egil Borchersen, Institut for Bygninger og Energi, DTU.

Temaet for studiet har været "Dataudveksling og -integration i byggesektoren ved brug af informationsteknologi (IT)". Et stort og bredt emne, som har givet mulighed for at belyse emnet fra forskellige vinkler.

Nærværende afhandling udgør en del af det samlede arbejde der skal gennemføres, for at opnå Ph.D.-graden. Der er desuden udarbejdet en række delrapporter og arbejdsrapporter.

Under studiet har jeg været på et ophold ved Key Centre of Design Computing (KCDC) ved Sydney University i Australien, i efterårssemestret 1996.

Gennem studiet har jeg haft inspirerende samtaler og drøftelser med min vejleder omkring emnet, og jeg vil benytte lejligheden til at takke Egil Borchersen herfor samt for en grundig gennemlæsning og kommentering af nærværende afhandling samt tilhørende delrapporter og arbejdsrapporter. Endvidere vil jeg takke mine australske værter, professorerne Mary Lou Maher og John Gero, fra hvem jeg har modtaget megen viden og inspiration inden for området under mit ophold. Endelig skal lyde en tak til det rådgivende ingeniørfirma COWI, og specielt til civilingeniør, lic. techn. Niels-Jørgen Aagaard som foranledigede, at jeg kunne få et tre måneders givtigt ophold i firmaet. Fra samme firma, tak til civilingeniør og projektleder Henrik Schmidt, for i en efterfølgende periode at stille et projekt til rådighed for en registrering af aktiviteter, herunder IT-anvendelser, i en projekteringsproces.

Lars Schiøtt Sørensen
Januar 1998

Institut for Bygninger og Energi, Danmarks Tekniske Universitet

Resumé

Dette Ph.D studium har haft som formål at belyse dataudveksling og dataintegration i byggesektoren ved brug af informationsteknologi med henblik på, at bidrage til en mere hensigtsmæssig udnyttelse fremover.

Der er under studiet udarbejdet en række rapporter og nærværende afhandling er en sammenfatning af dette arbejde.

Afhandlingen indledes med en status for IT-anvendelsen i den danske byggesektor i efteråret 1995, hvor en større spørgeskemaundersøgelse blev gennemført. Status kunne kort sammenfattes til, at der fandt en omfattende dataudveksling sted, navnlig blandt de projekterende. Der skete kun en ringe grad af dataintegration mellem projekteringsfasen og efterfølgende udførelses- og driftsfase. Intern og ekstern kommunikation (bl.a. via netværker) var i kraftig udvikling. CAD blev i stigende grad anvendt til projektering. De rådgivende ingeniører udførte ca. 65 procent af projekteringen med CAD, arkitekterne 40 procent. Undersøgelsen er nærmere beskrevet i en særskilt rapport.

Denne status suppleres med resultater af en detailregistrering af IT-anvendelsen i et projekteringsforløb, foretaget hos det rådgivende ingeniørfirma COWI. Registreringen viste, at der i gennemsnit anvendes 20 procent af arbejdstiden på at udarbejde dokumenter med brug af IT og ca. 13 procent uden brug af IT. Til informationsudveksling benyttes ca. 13 procent af tiden! Lederne havde den laveste anvendelsesgrad af IT og de tekniske assistenter den højeste. Denne registrering er ligeledes detailbeskrevet i en separat rapport.

Emnet informationsmodellering introduceres med henblik på, at kunne foreslå nye informationssystemer og anvendelser af disse. Med informationsmodellering kan opstilles nogle logiske begrebsmodeller for den virkelighed som et informationssystem skal kunne håndtere. For eksemplets skyld er lavet en informationsmodel for et begrænset byggeteknisk område. Der præsenteres endvidere nogle centrale og kendte informationssystemer inden for området. Systemer baseret på henholdsvis produktmodeller og på kunstig intelligens. Desuden beskrives et integreret informationssystem.

Udviklingen i den internationale forskning på området samt de danske initiativer for samme beskrives. Det konstateres, at disse er ved at mødes, og der nu fokuseres på kommunikation mellem parterne i byggeprocessen. Endvidere, at informationsadgang er kommet i centrum, ikke mindst på grund af Internettets udbredelse. Samtidig er ansvarsforhold og standardiseringstiltag i forbindelse med den stigende kommunikation kommet i søgelyset.

En nærmere analyse af forskningens resultater sammenholdt med byggesektorens praktiske niveau, udviser, på flere felter, ringe eller ingen sammenfald. Der peges på at traditionelle forskningsområder som produktmodellering, så at sige er blevet "overhalet af tiden" i takt med indførelse af ny computerteknologi. Navnlig i takt med Internettets, Web-værktøjers og lokalnetværkers udbredelse. Der peges på "hvilken vej man kan gå", herunder at udnytte nogle af de mest egnede og tidssvarende resultater fra den internationale forskning og fra de danske initiativer. Desuden at gribe chancen og udnytte den stigende mulighed for kommunikation via netværker og dermed adgang til eksternt placeret information.

Et nyt integreret informationssystem hvor netværker, kommunikation og informationsadgang netop sættes i fokus, foreslås. Det udvikles i tråd med sektorens ønsker og behov som allerede er afdækket. Systemet bygger på Web-teknologi og på mulighederne i Internettet. Der er forfulgt et ønske om, at nye forslag tager afsæt i den nuværende (traditionelle) byggeproces, frem for at foreslå helt nye systemer.

Som grundlag for at kunne beskrive området præcist er der udarbejdet en IT-terminologi som grundlag for afhandlingen. Denne terminologi er henlagt til en særskilt rapport.

Summary

The aim of this Ph.D. study was to elucidate exchange and integration of data in the building sector by means of information technology with a view to contributing to a more appropriate utilisation in future.

During the study a number of reports were prepared and the present thesis is an abstract of this work.

The thesis begins with an account of the IT-application in the Danish building sector in the autumn of 1995 when a major survey was carried out. In brief it can be summarised that an extensive exchange of data took place, especially among the designers. There was just a minor degree of data integration between the design phase and the subsequent execution and operation phase. Internal and external communication (among other things via networks) were making great progress. To a great extent CAD was used for design. The consulting engineers carried out about 65 percent of the design with CAD and the architects 40 percent. The investigation is described in detail in a separate report.

This account is supplemented with results of a detailed registration of the IT-application in a design process carried out by the consulting engineering firm of COWI. The registration showed that on the average 20 percent of the working time are spent on drawing up documents by means of computers and about 13 percent without using computers. For information exchange about 13 percent of the time are used! The leaders have the lowest degree of IT-application and the technical assistants the highest degree. This registration is also described in detail in a separate report.

The subject information-modelling is introduced in order to be able to propose new information systems and application hereof. With information-modelling logical concept models can be drawn up for the facts that an information system must be able to handle. As an example an information model is made for a limited building technological area. Further some central and well-known information systems within the area are presented. The systems are based on product models and artificial intelligence, respectively. Furthermore, an integrated information system is described.

The development of the international research in the field and the Danish initiatives for the same is described. It is found that these are about to meet and that now the focus is on communication between the parties of the building process. Further, it is found that information access has come into focus, especially because of the extension of the Internet. At the same time

liability and standardisation efforts in connection with the increasing communication have come into focus.

A more detailed analysis of the results of the research compared with the practical level of the profession shows little or no merging in several fields. It is pointed out that in several fields the computer technology has almost “caught up with time” with regard to a number of the traditional research domains, especially concurrently with the extension of the Internet, the Web-tools and the local networks. It is pointed out “which way to go”, for instance to utilise some of the most suitable and up-to-date results of the international research and the Danish initiatives. Further, to seize the opportunity and utilise the increasing possibility for communication via networks and with that access to externally placed information.

A new integrated information system, in which networks, communication and information access are brought into focus, is proposed. It is developed in line with the wishes and requirements which have already been exposed. The system is based on Web-technology and the possibilities of the Internet. The wish is pursued that new proposals start from the present (traditional) building process, instead of proposing quite new systems.

As a basis for an exact description of the field an IT-nomenclature as a basis for the thesis has been worked out. This nomenclature is placed in a separate report.

Indholdsfortegnelse

Forord	iii
Resumé	v
Summary	vii
 Kapitel 1. Indledning	 1
1.1 Introduktion til området	1
1.2 Ph.D.-studiets målsætning	7
1.2.1 Studiet	8
1.3 Afgrænsninger	10
1.4 Terminologi	10
1.5 Projektets strukturering	11
 Kapitel 2. Status for dataudveksling og -integration	 13
2.1 IT-Undersøgelse	13
2.1.1 Introduktion til undersøgelsen	14
2.1.2 Resultatpræsentationer	16
2.1.2.1 Udvikling i CAD-udbredelsen	16
2.1.2.1.1 Generelt	16
2.1.2.2 Antal CAD-arbejdspladser	17
2.1.2.2.1 Fordeling på virksomhedstyper	19
2.1.2.2.2 Fordeling på virksomhedsstørrelser	20
2.1.2.3 Udvalgte CAD-systemer	20
2.1.2.4 Udvikling i CAD-projektering	21
2.1.2.5 Udvikling i omfang af CAD-brug	22
2.1.2.6 Udvikling i brug af CAD	23
2.1.2.7 Udvikling i CAD-investering	24
2.1.2.8 Udvikling i integreret anvendelse	26
2.1.2.9 Udvikling i digital dataudveksling	26
2.1.2.10 Udvikling i anvendelse af udv. formater	27
2.1.3 Afsluttende bemærkning	29
2.2 Tillægsundersøgelse	31
2.3 Afsluttende bemærkning	33
 Kapitel 3. Registrering af en projekteringsproces	 35
3.1 Introduktion til aktiviteter i en projekteringsproces	35
3.2 Kreative processer i projekteringsprocessen	36
3.3 Projekteringsprocessens faser	38

<i>Programmeringsfasen</i>	38
<i>Forslagsfasen</i>	38
<i>Detailprojekteringsfasen</i>	39
<i>Udførelsesfasen</i>	40
<i>Opfølgningsfasen</i>	41
3.4 En udviklet registreringsmetode	44
3.4.1 Formål med metoden	44
3.4.2 Et formelsystem	45
<i>Effektfaktor</i>	45
<i>Projekteffekt faktor</i>	45
<i>Tidsforbrug</i>	46
<i>Relativt tidsforbrug for udvalgt aktivitet</i>	46
3.5 Et registreringsforsøg	46
3.6 Resultatpræsentationer	48
3.6.1 Den samlede gruppe	48
3.6.2 Gruppering på fagområder	49
3.6.3 Gruppering på fagplaner	51
3.6.4 Aktiviteter med og uden IT-anvendelse	52
3.6.4.1 Den samlede gruppe	53
3.6.4.2 Gruppering på fagområder	54
3.6.4.3 Gruppering på fagplaner	55
3.6.5 Projekteffekt faktorer	55
3.6.6 Konklusion	63

Kapitel 4. Informationsmodellering og centrale informations-systemer

4.1 Informationsmodellering, eksemplificeret	69
4.1.1 Indledning	70
4.1.2 Informationssystem	70
4.1.2.1 Information Engineering Method (IEM) ..	71
4.1.2.2 Object Oriented Method	75
4.1.3 Afsluttende bemærkning	78
4.2 Produktmodelbaserede systemer	79
4.2.1 Hvad er en produktmodel ?	79
Objekter og relationer	81
Objektorienteret metode	82
Dataintegreret byggeri	83
Databaser	83
Den fundamentale datamodel	83

Begrebsmodel (Conceptual Model)	83
Udvekslingsformater	84
Totalmodeller kontra delmodeller	85
<i>Totalmodel</i>	85
<i>Delmodeller om central modelkerne</i> ..	86
Generisk beskrivelse af et produkt	87
4.2.2 Hvorfor produktmodeller ?	87
4.2.3 Metoder til dataudveksling	89
4.2.4 Standardisering af udveksling	92
4.2.5 Status for produktmodelforskningen	94
Udviklingstendenser	95
STEP	95
Processer	96
Delmodeller	96
Generisk produktmodel	96
Dynamisk produktmodel	97
4.2.6 Produktmodellens tre niveauer	97
Datamodel	97
Domænemodel	98
Projektmodel	98
4.3 Kunstig intelligens systemer, eksemplificeret ved CBR ...	99
4.3.1 Introduktion	99
<i>Eksempel 1</i>	100
<i>Eksempel 2</i>	101
4.3.2 Case-Based Reasoning	101
4.3.3 Overordnede processer i et CBR-system ...	103
4.3.4 Hvordan er en CBR-systemarkitektur	106
<i>Sagsbasen (Case-base)</i>	106
<i>Ræsonnør</i>	107
<i>Brugergrænsefladen</i>	107
4.3.5 Indlæring i CBR-systemer	108
4.3.6 Kombination af lagrede sager og viden	109
4.3.7 Et scenarium over brug af et CBR-system	110
4.3.8 Behov for strukturering af lagrede sager ...	114
4.3.8.1 Hvilket indhold og hvilke viden behøves	115
<i>Beskrivelse af problem/situation</i>	116
<i>Løsning</i>	116
<i>Konsekvenser</i>	117
4.3.8.2 Eksempler på sagsrepræsentation i CBR.	117

ARCHIE/ARCHIE-2	117
CADRE	119
SAM	121
4.3.9 Modeller til brug for lagring af sager	121
A. The Dynamic Memory Model	121
<i>Genfinding</i>	122
<i>Lagring</i>	122
B. The Category & Exemplar Model	124
<i>Genfinding</i>	124
<i>Lagring</i>	125
4.3.10 Afsluttende bemærkning	125
4.4 Integrerede systemer	126
4.4.1 Et eksempel	128
4.4.2 Afsluttende bemærkning	132
Kapitel 5. Udviklingen i international forskning på området	133
5.1 Indledning	133
5.2 Forskningens prioriteringer gennem godt 20 år	134
1975-81 Den grundlæggende problematik klarlægges ...	134
<i>BDS</i>	135
<i>OXSYS</i>	135
<i>GLIDE</i>	136
1982-85 Ekspertsystemer dominerer	136
<i>MOLE</i>	137
1986-90 Den første generation af produktmodeller	137
<i>GARM</i>	139
<i>AEC building systems model</i>	139
<i>RATAS</i>	140
<i>IBDE</i>	140
1991-95 Skepsis! delmodeller bedre end totalmodeller?	143
<i>EDM</i>	143
<i>COMBINE</i>	144
<i>SEED</i>	144
1995- Kommunikation og info-adgang i centrum	145
<i>The Computer Integrated AEC</i>	146
<i>Virtual Design Studio (VDS)</i>	147
<i>IAI-samarbejde</i>	149

Kapitel 6. Udviklingen i danske initiativer på området	157
6.1 Hvad har man gjort i Danmark ?	157
6.2 Prioriteringer gennem de sidste 12 år	158
1986-90 Behov og muligheder	158
<i>CAD i udførelsesfasen</i>	159
<i>EITI, systemspecifikationer for leverancestyring</i>	160
1990-95 Fælles grundlag for dataudv. og -integration	161
<i>Dataudveksling i byggesektoren</i>	162
<i>Informationsteknologi i byggeriet</i>	164
<i>CIS-CAD strukturen</i>	165
<i>Proces- og Produktudviklingsprogrammet</i>	171
1995-98 Ansvar, standardisering, info-adgang, komm. ..	171
<i>Anbefaling for brug af EU's EDI-kontrakt</i>	172
<i>Det offentliges rolle ved indførelse af EDI</i>	173
<i>Byggedata Online</i>	180
<i>Elektronisk udbud og tilbud via Internettet</i>	181
Kapitel 7. Gennemslag i praksis	183
7.1 Køres i samme retning ?	183
7.1.1 Produktmodelbaserede systemer	183
7.1.2 Kunstig intelligens systemer	184
7.1.3 De danske tiltag	185
7.1.3.1 TR-initiativets resultater	185
7.1.3.2 Abb's lagstruktur for CAD-data etc.	187
7.1.3.3 EITI	187
7.1.3.4 Boligministeriets CIS-CAD struktur	188
7.1.3.5 Øvrige tiltag	188
7.2 Hvilken vej skal man gå ?	188
7.2.1 Den danske byggesektors ønsker/behov	192
Kapitel 8. Et systemforslag	203
8.1 Indledning	203
8.2 Baggrund for systemet	204
8.2.1 Motivation	204
8.3 Samarbejde og komm. i en projekteringsproces	205
Hvad er et computerunderstøttet projekteringssamarb. ..	205
8.4 Forslag til koncept for byggesektorens IT-anvendelse ...	207
8.4.1 Systemegenskaber	207
8.4.2 Et nyt informationssystem	209

8.4.3 Systemarkitektur	210
8.4.4 Demonstration af systemet	212
Ad 1. Opkobling til samarbejdspartnere ...	213
Ad 2. Vælg fagområde for aktuel sag	214
Ad 3. Web-tilgængelige databaser	215
... byggevarespecifikke databaser	215
... fagspecifikke databaser	216
... projektspecifikke databaser	217
Ad 4. Værktøjer	220
Ad 5. Upload nye dokumenter til server ..	222
Kommunikation af projektændringer	223
Oprettelse af nyt projekt og -organisation ..	224
Eksempel på EDI-aktiviteter via systemet ..	225
8.4.5 Hvad giver informationssyst. brugerne ? ...	235
8.4.6 Ny computerteknologi er indført	237
8.5 Stadig meget der skal gøres	238
 Kapitel 9. Konklusion	 241
<i>Hindrende faktorer på IT-udnyttelsen</i>	241
<i>Projektforløb og overordnede resultater</i>	243
<i>Projektvurdering</i>	246
 Kapitel 10. Referencer	 247

Kapitel 1. Indledning

Rapporten har det overordnede formål, at give forslag til hvorledes byggesektoren forbedrer brugen af informationsteknologi under planlægning, opførelse og drift af et bygværk. Forslagene gives ud fra en forudgående afdækning af det aktuelle informationsteknologiske niveau, som byggesektoren befinder sig på. Ydermere gives forslagene under skelen til de hidtidige forskningsindsatser og disses gennemslag eller mangel på samme. De centrale begreber i rapporten er *dataudveksling* og *dataintegration*. Dataudveksling foregår når personer eller virksomheder udveksler data indbyrdes. Der kan være tale om såvel papirbundne som elektronisk bundne breve, beregninger, tegninger etc. Med dataintegration forstås her, at udvekslede data skabt af én applikation er forberedt for mulig direkte genanvendelse i en anden. Ved en hensigtsmæssig dataudveksling og stor grad af dataintegration, forventes det at byggesektorens produktions- og kvalitetsniveau hæves i forhold til det nuværende niveau.

1.1 Introduktion til området

En af de kendetegnende forhold for byggesektoren, er den meget store mængde af data og informationer, der udveksles i en bygge- og anlægsproces. Data- og informationsudveksling omfatter typisk tegninger, beskrivelser, beregninger o.lign. Udveksling er indtil for ca. 15 år siden sket udelukkende i form af papirdokumenter ved anvendelse af bude og postvæsen. Endvidere har telefon og telefax været hyppigt anvendt. I de seneste ca. 10 til 15 år har brug af digital udveksling bredt sig i takt med, at man fik CAD-systemer og telenetforbindelser og er i dag meget udbredt i den danske byggesektor. Lad os se lidt nærmere på begreberne "digital dataudveksling" og "digital dataintegration".

Digital dataudveksling

Et eksempel på digital dataudveksling, kunne være følgende: En tegning udført på et CAD-system ønskes udvekslet til en samarbejdspartner. Men først skal tegningen *lagres* på et datamedium, f.eks. en harddisk, en diskette eller et bånd og derefter sendes den til samarbejdspartneren, f.eks. via en telebaseret forbindelse eller på en diskette med postvæsenet. Herefter er den digitale dataudveksling udført. Der kan knyttes nogle kommentarer hertil: Tegningen består af en mængde digitale data som skabes i en be-

stemt *datastruktur* som måtte være ønskelig for afsenderen og/eller modtageren. Når tegningen er skabt kan den lagres i et ønsket *filformat*. Et filformat kan være mere eller mindre udbredt inden for forskellige tekniske områder eller sektorer samt inden for forskellige CAD-systemer. Et eksempel på et kendt filformat der benyttes ofte i byggesektoren ved lagring af CAD-data (det vil sige primært tegninger), er *DWG*-formatet der benyttes i et udbredt kommercielt CAD-system. Dette filformat er et såkaldt *internt format*, det vil sige, at det er udviklet til det pågældende CAD-system. Der findes også såkaldte udvekslingsformater som er specielt udviklet til at udveksle data mellem forskellige CAD-systemer. Et eksempel herpå kunne være *IGES*-formatet.

Når man ønsker at udveksle den digitalt lagrede tegning med en af sine samarbejdspartnere kan dette ske succesfuldt hvis

- 1) Modtageren har et CAD-system der er identisk med det CAD-system som tegningen blev lavet og lagret på. Afsender og modtager benytter således samme interne format og modtageren af tegningen kan umiddelbart indlæse tegningen i sit CAD-system.

Såfremt dette ikke er opfyldt må

- 2) Modtageren være istand til at *oversætte* det modtagne filformat til et format som modtagerens CAD-system er istand til at forstå.

Hvis afsender og modtager hverken har samme CAD-system eller modtageren ikke kan oversætte det modtagne filformat til et format som kan læses hos modtagerens CAD-system, ja så kan modtageren ikke benytte den modtagne digitale tegning og den digitale dataudveksling er mislykket.

Nogle CAD-systemer er udviklet til, at kunne oversætte fra flere forskellige 'fremmede' interne filformater, til systemets eget interne format. Til udvekslingsopgaver har man udviklet udvekslingsformater med henblik på, at reducere antallet af nødvendige interne formater som de enkelte CAD-systemer skal kunne oversætte fra. Benyttes således et fælles udvekslingsformat, f.eks. ved den ovenfor nævnte tegningsudveksling, oversættes det interne filformat først hos afsenderen, *fra* dennes interne format og *til* det valgte udvekslingsformat. Modtagerens CAD-system skal nu 'kun' kunne oversætte fra udvekslingsformatet og til eget CAD-systems interne format.

Ovenstående betragtninger som er belyst ud fra digital *tegnings*udveksling er principielt også gældende, når det drejer sig om digital udveksling af tekst, databaseinformationer og beregninger. Dog er der i disse tilfælde tale om andre typer af interne formater og udvekslingsformater.

En anden måde at udføre digital dataudveksling ved, er at lade det ske gennem en såkaldt produktmodel som i denne sammenhæng er en digital repræsentation af et bygværk. En produktmodel indeholder en logisk struktur for de informationer der er nødvendige for at repræsentere bygværket. Når der udveksles digitale projektdata ved brug af en produktmodel, så tilføres projektdata produktmodellens informationsstruktur i takt med at projekteringen foregår. Der sendes således ikke en tegning afsted til produktmodellen. I stedet lægges information direkte, og successivt i takt med informationen skabes, ind i produktmodellens informationsstruktur. Den digitale dataudveksling sker altså ved at data, ad hoc, "lægges ind" i produktmodellen, typisk via forskellige tilkoblede fagspecifikke applikationer. Informationen kan ligeledes trækkes ud fra produktmodellens informationsstruktur gennem applikationer, hvorved dataudvekslingen er sket.

Efter denne introduktion til dataudveksling, haves nu grundlag for at beskrive *digital dataintegration* i byggesektoren. Et vigtigt formål med dataintegration er muligheden for, at kunne *genbruge* uden at skulle *genskabe*. Et eksempel på dette gives nedenfor.

Digital dataintegration

En arkitekt tegner en grundplan over en bygning, visende bygningens geometriske forhold, herunder placering af vægge, vinduer og døre samt angivelse af de forskellige vægtyper ud fra forud definerede signaturstandarder. Tegningen lagres på arkitektens CAD-system på et bestemt medium og i en bestemt datastruktur. Da tegningen indeholder mange oplysninger der er relevante for arkitektens samarbejdspartnere, f.eks. ingeniører, entreprenører og leverandører, er det ønskeligt, at hver af de nævnte parter *kan udtrække og genanvende* de oplysninger fra tegningen, som er anvendelige for netop deres videre arbejde. Som eksempel herpå kan nævnes, at konstruktionsingeniøren skal kunne anvende data fra tegningen vedrørende spændvidder for bjælker, der skal placeres i bygningen. Bjælkernes bredder skal ligeledes kunne bestemmes ud fra tegningens data, idet bjælkebredder ofte tilpasses vægtykkelserne. Tegningen skal i øvrigt kunne an-

vendes som grundlag for en elementplan eller som grundlag for stabilitetsberegninger. Et andet eksempel på oplysninger, der måske kan udtrækkes fra tegningen, er til entreprenørens mængdeopmålinger af materialer i forbindelse med tilbudsgivning, vareindkøb etc.

I relation til ovennævnte eksempel vedr. genanvendelse af beregningsdata, har konstruktionsingeniøren traditionelt skullet lave en ny tegning (evt. en reprotar ud fra arkitektens tegning) som han skulle arbejde videre på. Dette har givet såvel ekstra arbejde som forøget risiko for fejl.

Fælles for de ovennævnte eksempler på dataintegration er, at de EDB-systemer som samarbejdspartnerne råder over skal kunne "tale sammen". De skal give mulighed for, at udtrække og viderebehandle relevante data/informationer fra hinanden. En anden faktor der kan influere på hvor effektivt dataintegration foregår er, at der etableres egnede projektdatabase-strukturer, for lagring af projektinformation gennem hele projekterings- og byggeprocessen. Tegningstyper indeholdende én form for data/informationer, skal lagres så data fra de pågældende tegninger vil kunne genanvendes i *andre* dokumenter.

"IT-faktorer" der hæmmer byggeprocessen

Der er nu introduceret dataudveksling og -integration i byggesektoren. En forudsætning for velfungerende samarbejdsteams i byggesektoren med deltagende parter fra såvel bygherrer, ingeniører, arkitekter, entreprenører etc. er, at dataudveksling og -integration i byggeprocessen fungerer tilfredsstillende. Parterne i et samarbejdsteam, der oprettes i forbindelse med opførelse af et byggeri, skal være 'gearet' til at indgå i den samlede byggeproces. Dette indebærer blandt andet, at de involverede parter i teamet benytter sig af den i samfundet *tilgængelige* informationsteknologi, der er udviklet specielt til byggesektoren. Såfremt et eller begge af to følgende forhold er kendetegnende for den tilgængelige informationsteknologi og dens anvendelse, vurderes det at et projektforsløb blive hæmmet.

1. Teknologien tilsvarende ikke de behov og krav, som byggeriets parter stiller til den.
2. Teknologien benyttes ikke optimalt.

Eksempler herpå kunne være:

- Hvis der ikke findes egnede informationssystemer (IT-systemer)
- Hvis der mangler anvendelige rutiner for opdeling af et projekt i centrale/delte projektdatabaser.
- Hvis der ikke findes egnede udvekslingsformater.
- Hvis parterne føler sig usikre over for valg af udvekslingsformater.
- Hvis parterne ikke benytter en fælles standard for datastrukturer.
- Hvis der ikke findes eller kendes til egnede, gerne standardiserede, aftaleindgåelser for aflevering af digitale projektdata

Et arbejde er allerede udført herhjemme til imødegåelse af flere af disse hæmmende faktorer, bl.a. under TR-initiativet: Dataudveksling i byggesektoren og gennem Boligministeriets CIS-CAD struktur o.a. Disse initiativer vil, sammen med en række andre initiativer, blive beskrevet nærmere gennem denne afhandling.

Ovenfor er givet eksempler på hæmmende faktorer for projektsamarbejdet i en byggeproces. Af andre faktorer, der virker hæmmende for et 'teamwork', er naturligvis det meget varierende udbud af EDB-hardware og -software. Jo flere hardware- og softwaresystemer der er på markedet, desto større er risikoen for inkompatibilitet i mellem de involverede parters systemer. Problemet hermed negligeres dog efterhånden, idet de fleste softwareapplikationer indeholder faciliteter der gør, at de kan "tale sammen" med de fleste andre applikationer. Dette er sikret med et øget antal oversættere som implementeres i applikationerne. Ydermere har teknikker som *OLE* (Object Linking and Embedding) kommet meget frem de seneste 3-4 år. *OLE* er en slags standard for, hvorledes hele datastrukturer (kaldet objekter), som en samlet mængde, kan udveksles mellem forskellige applikationer, som understøtter denne teknologi. Et eksempel kunne være de data som repræsenterer en dør i én applikation (f.eks. i et CAD-system). Overføres dette dørobjekt nu til et andet program som også understøtter *OLE* teknologien (f.eks. et tekstbehandlingssystem), så er det muligt inde fra tekstbehandlingssystemet at åbne dørobjektet, og redigere i det med faciliteter som er "arvet", d.v.s. overført fra CAD-systemet.

Forventelige resultater som følge af god IT-brug

Såfremt byggesektoren forbedrer dataudvekslingen og dataintegrationen på tværs af faggrænser og på langs gennem byggeprocessen, ved bedre brug af informationsteknologi, kan det måske resultere i:

- Alle involverede parter føler sig generelt bedre informeret om projektets aktuelle stade
- Risikoen for projektfejl reduceres
- Øget produktivitet
- Bedre kvalitet på projekt og slutprodukt (byggeriet)
- Ændret, og mere smidig, projekterings- og byggeproces
- Entreprenører, bygherrer og myndigheder får større gavn af det producerede projektmateriale end hidtil
- En reorganisering af virksomhederne internt
- En reorganisering af de traditionelle samarbejdsrelationer mellem virksomheder (faggrænser)

Byggesektoren vil så at sige blive sluset ind i en helt ny *byggekultur*.

Det vurderes altså som sandsynligt, at informationsteknologien kan benyttes som et middel til at nå nogle mål af ovennævnte karakter. De to sidstnævnte forhold der vedrører reorganisering kan, umiddelbart betragtet, virke som ulemper. Nødvendigheden af reorganiseringer må dog betragtes som konsekvens af en fornuftig indførelse af informationsteknologien.

En ny organisering i byggesektoren ?

Byggesektoren har traditionelt været konservativ med hensyn til den organisering, den har haft. En byggeopgave er traditionelt blevet løst gennem et samarbejde mellem en række fagspecifikke virksomheder. Et byggeteam har således traditionelt bestået af en række virksomheder som disse: arkitekt, ingeniør, landinspektør, murer, tømrer, smed, elektriker etc. De tre førstnævnte kaldes ofte de projekterende og de øvrige kan udgøres af en eller flere entreprenører. Bygherren og myndighederne har traditionelt ikke været særlig synlige gennem bygningsprocessen. Bygherren har således, groft sagt, været den som bestilte et byggeri, i form af et byggeprogram, og så har bygherren i øvrigt ventet på den færdige bygning. Det er naturligvis en simplificering, idet bygherren ofte deltager i nogle bygherremøder hos de projekterende og efterfølgende i byggemøder under byggeriets opførelse. Myndighederne har haft den primære funktion, at stille nogle krav og gennemset et sæt approprierede tegninger, for at tjekke om kravene og gældende lovgivning i øvrigt er opfyldt.

Generelt har såvel bygherre som myndigheder ikke løbende haft umiddelbar adgang til projektets informationer. Det har dels haft sin årsag i den omtalte traditionsbundne proces og dels i, at de projekterende (lidt groft sagt) har følt begge parter som anledning til besvær. Besværet har delvis haft sin årsag i, at der ikke har været en indarbejdet *rutine* for, hvornår og hvor meget man skulle informere bygherren og myndighederne. Samtidig har der ikke været nogle velegnede værktøjer, som på simpel vis kunne give bygherren og myndighederne adgang til informationerne.

“Nye” rutiner og brugervenlige, behovspecifikke IT-værktøjer

Altså, der mangler rutiner og værktøjer som, uden ekstra arbejde, kan give bygherren og myndigheder ønskede oplysninger, kontinuert gennem processen. Hvis man i en fremtidig ny byggekultur benyttede sig af integrerede informationssystemer, hvor alle involverede (altså også bygherren og myndigheder) parter var koblet op til, ja så havde *alle* kontinuert adgang til hinandens oplysninger. Reel *informationsdeling* ville blive en realitet. Det er klart, at et system af den beskrevne karakter, skal indeholde en række faciliteter, der vedrører ansvarsforhold over de enkelte dokumenter, adgangs-login etc. etc. Et system af nævnte karakter kunne, såfremt det blev godt udbredt og benyttet hensigtsmæssigt, danne basis for en bedre udnyttelse af informationsteknologien og sikre en hensigtsmæssig (og ny) rutine for dataudveksling og -integration, som kommer *alle* parter tilgode. Det synes umiddelbart nærliggende, at et system af nævnte type vil skabe behov for en reorganisering af de traditionelle samarbejdsrelationer mellem virksomhederne. Altså en reorganisering af projektorganisationen.

Som en del af projektet er der udviklet et informationssystem af nævnte karakter. Systemet beskrives i kapitel 8.

1.2 Ph.D.-studiets målsætning

Det har været studiets primære målsætning, at bidrage til følgende to forskningsområder, hvis baggrund er belyst i afsnit 1.1.

1) At effektivisere byggeprocessen generelt ved, at data- og informationsudvekslingen kommer til at forløbe mere 'gnidningsfrit' end tilfældet er i dag.

2) At effektivisere dataintegrationen ved, at allerede skabte informationer i et projektforsløb udnyttes af flere af byggesagens parter gennem hele byggeprocessen.

I studiet er der gjort en indsats for at klarlægge *mere eksakt*, hvor vanskelighederne/barriererne befinder sig i forbindelse med informations- og dataudveksling i en byggeproces. Endvidere, at klarlægge hvor problemerne melder sig i forbindelse med dataintegration i en byggeproces.

1.2.1 Studiet

Studiet deles overordnet i en *problemregistreringsdel* og en *problemløsningsdel* som nu vil blive beskrevet.

Problemregistreringsdelen:

I problemregistreringsdelen søges belyst, hvilke fremherskende problemer der er i forbindelse med dataudveksling og -integration i traditionelle byggesager. Problemregistreringen er sket ud fra undersøgelser i den danske byggesektor. I denne forbindelse kan nævnes, at en større undersøgelse er udført, idet ca. 460 firmaer i byggesektoren (arkitekter, ingeniører, entreprenører, bygherrer etc.) har fået tilsendt et spørgeskema med spørgsmål til deres virksomheds indkøb og anvendelse af informationsteknologi, herunder til dataudveksling og -integration. Yderligere er der lavet en undersøgelse for klarlæggelse af de fremherskende problemer der er i forbindelse med dataudveksling i byggesektoren. Her er ca. 20 virksomheder i branchen adspurgt.

Sideløbende hermed, er etableret et tættere samarbejde med nogle udvalgte, repræsentative rådgivende ingeniørvirksomheder for der igennem, at følge og deltage i nogle forsøgsprojekter, hvor dataudvekslingsproblemer belyses og søges løst.

Et projekt vedrørende implementering af en CIS-CAD struktur i et forsøgsprojekt er fulgt fra sidelinien. CIS-CAD strukturen er udviklet under Boligministeriet, og er en struktur for stamdata på digital form, der inden længe kræves overholdt ved offentligt og støttet byggeri samt ved byfornyelse. Yderligere er hos et rådgivende ingeniørfirma udført et forsøg, som har at gøre med registrering og analyse af en projekteringsproces bl.a. med sigte

på at klarlægge fordelingen af aktiviteter som udføres *med* hhv. *uden* støtte af informationsteknologi. Endvidere med sigte på at finde de hæmmende faktorer i en projekteringsproces.

Problemløsningsdelen:

I problemløsningsdelen præsenteres følgende:

1) Forslag til opnåelse af en mere 'gnidningsfri' data- og informationsudveksling i byggesektoren. Forslagene skabes ud fra den viden om, hvor problemerne er størst, som er etableret igennem problemregistreringsdelen samt ved litteraturlæsning. En diskussion om hvilke *procedurer* og *traditioner* byggesektorens parter bør tillægge sig vil blive givet i denne del af projektet. Kun ved *indøvede* rutiner for anvendelsen af informationsteknologien, kan et byggeteam drage fuld nytte af teknologien og dermed have 'overskud' til at koncentrere sig om *den kreative proces* og således om selve *byggeprojektets* færdiggørelse. Der udvikles et nyt informationssystem til brug for digital data- og informationsudveksling i byggesektoren. Systemet udvikles på baggrund af de erfaringer der er opnået gennem dette Ph.D.-projekt.

2) Forslag til, hvorledes en større dataintegration kan opnås i den danske byggesektor. Dette vil ske ved, at belyse eksempler på centrale og/eller decentrale byggevardata- og projektstrukturer, der findes egnede for typiske byggesager. Muligheden for at benytte sig af produktmodeller belyses, ligesom faciliteter hentet fra området kunstig intelligens tages med i overvejelserne. Det nyudviklede informationssystem støtter endvidere, i en vis udstrækning, de digitale dataintegrationsbehov som byggesektoren har. Dette vil blive demonstreret.

I projektet gives et eksempel på såkaldt *systemanalyse* som omfatter formaliserede metoder eller et værktøj, hvormed man kan opnå en logisk opfattelse af funktioner og informationer inden for et bestemt emneområde. Systemanalyse omfatter informationsmodellering, som kan benyttes til at definere informationsbehovet i en byggeproces. Herved er det muligt, på en formaliseret måde, at få bragt disse informationer på skema- eller modelform, som på en simplificeret måde beskriver virkeligheden. Informationsmodellering kan eksempelvis benyttes når produktmodeller og kunstig intelligente systemer skal planlægges. Informationsmodellering

beskrives i afhandlingen i forbindelse med introduktion til sådanne systemer.

Endelig vil der i projektet gøres en indsats for at definere en klarere terminologi for forsknings- og udviklingsområdet *Informationsteknologi i byggesektoren*. Vedrørende dette, se afsnit 1.4.

1.3 Afgrænsninger

I projektet er det forsøgt at betragte dataudveksling og -integration i hele byggesektoren. Dette skal forstås på den måde, at der kigges på alle sektorens virksomhedstyper. Endvidere betragtes hele byggeprocessen, lige fra den tidlige planlægningsfase og frem til og med drift og vedligeholdelse af bygværket. Det er klart, at der i nogle situationer gennem projektet er lagt større vægt på nogle specifikke aspekter (f.eks. projektering med CAD i en ingeniørvirksomhed el. lign.) end på at dække bredden. Dette har været nødvendigt, for at få udført nogle konkrete forsøg. Forsøgenes resultater har dog, oftest, kunnet udnyttes med fordel for projektet, og dermed for byggesektoren som helhed, idet en række fælles problemer eksisterer for såvel de projekterende, bygherrer, rådgivere, entreprenører etc.

Der er, som antydnet ovenfor, kigget på bredden i byggesektoren, såvel organisatorisk som procesrelateret. Herved er "dybden" for de enkelte dele (f.eks. hovedprojektering udført hos arkitektvirksomhed, opførelsen udført af entreprenørvirksomhed etc.) tilsvarende reduceret. Det er dog fundet hensigtsmæssigt, at antage en bred indgangsvinkel til problemstillingen for derved, kontinuert, at sikre konsistens mellem hele sektorens behov og de løsningsforslag der gives. Såfremt projektet blot afdækkede en lille flig af den dataudveksling og -integration som finder sted i dag i byggesektoren, så ville tilsvarende løsninger på konstaterede problemer let blive for snævre og uden værdi for sektoren som helhed.

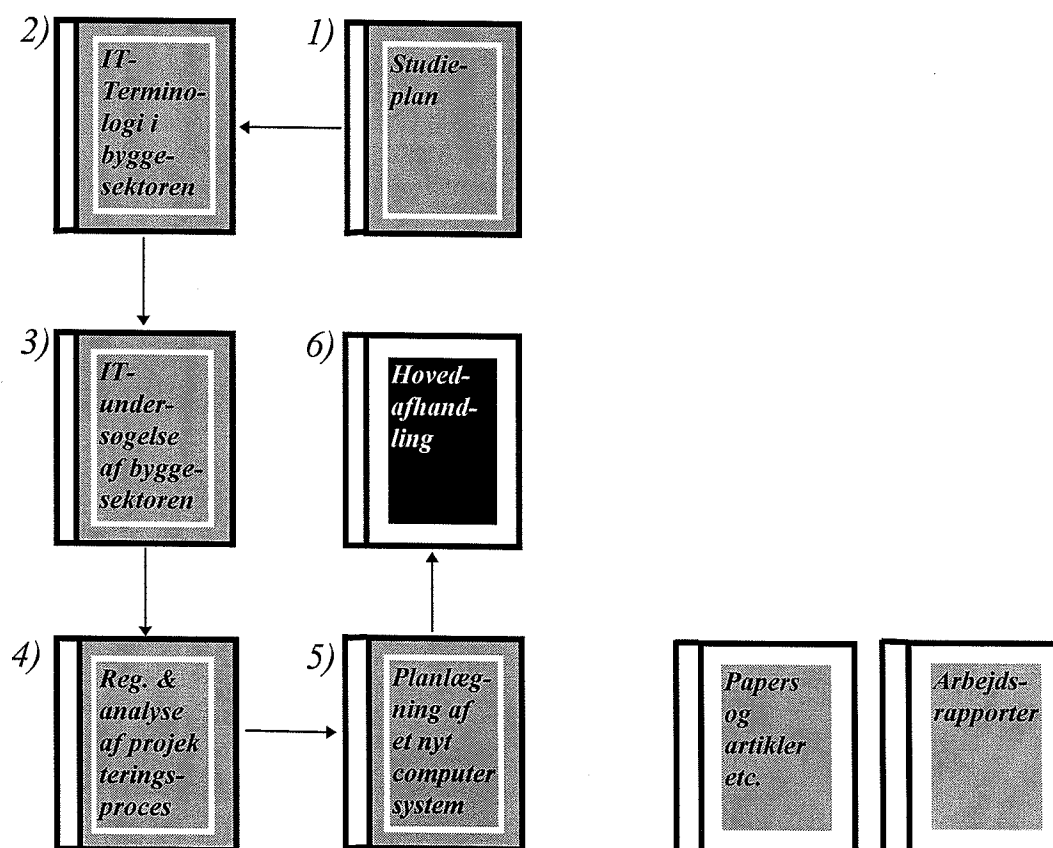
1.4 Terminologi

Det er en kendsgerning, at der indenfor informationsteknologi-området findes en noget uklar terminologi for de ord, forkortelser og begreber der anvendes i litteraturen. Dette gælder såvel indenfor forsknings- og udviklingsområdet som for litteraturen, der henvender sig til brugerne af informationsteknologien. Dette virker naturligvis hæmmende for såvel forsk-

ningen på området som for den indlæringsproces brugere af informations-teknologien skal igennem, idet begrebsforvirring let kan opstå. Der er udført et terminologiprojekt som en del af Ph.d.-projektet. Dette har resulteret i en rapport og en database, hvori der fastlægges den overvejende del af de begreber af informationsteknologisk karakter, som benyttes gennem denne afhandling og tilhørende delrapporter. Rapportens navn er "IT-Terminologi i byggesektoren", se [Sørensen, 1997]. Der henvises til nævnte rapport for at danne sig et overblik over den i projektet benyttede terminologi.

1.5 Projektets strukturering

Afhandlingen består af nærværende hovedafhandling og et tilhørende antal delrapporter. Nærværende hovedafhandling er således en samlende rapport som kan læses isoleret. For at få et fuldt overblik over det samlede udarbejdede forskningsarbejde, må alle delrapporterne nødvendigvis læses. Figur 1.1 giver en grafisk oversigt over projektets struktur.



Figur 1.1. Oversigt over projektets struktur.

Figuren angiver samtidig den overordnede rækkefølge de enkelte delarbejder er udført i. I nærværende hovedafhandling, på figuren benævnt nr. 6, er det forsøgt at samle trådene fra de forskellige udførte delarbejder. Det skulle således være tilstrækkeligt at læse hovedrapporten, for at få et overblik over det samlede udførte arbejde. Omvendt så må alle rapporter, artikler etc. læses for, om nødvendigt, at få et *detaljeret* indblik og den fuldstændige dokumentation for de i hovedafhandlingen præsenterede resultater.

Kapitel 2. Status for dataudveksling og -integration

2.1 IT-Undersøgelse

En IT-undersøgelse i den danske byggesektor er som nævnt udført som led i Ph.D-projektet. Undersøgelsen, benævnt IT-undersøgelse '95, blev lavet, for at skabe et overblik over informationsteknologiens (IT's) udbredelse i sektoren. Undersøgelsen er foretaget i forlængelse af i alt tre lignende undersøgelser i Danmark i henholdsvis 1988, -89 og -91 udført af Datacentret for Projekterende arkitekter sammen med BPS-centret. Den sidstnævnte af disse undersøgelser blev udført under TR-initiativområdet "Dataudveksling i byggesektoren". Disse tre lignende undersøgelser var dog begrænset til kun at omhandle CAD-anvendelsen i byggesektoren. IT-undersøgelse '95 omhandler, som navnet antyder, IT generelt i byggesektoren, men dog stadig med en primær vægt lagt på CAD.

I IT-undersøgelse '95 er endvidere medtaget spørgsmål omkring CIS-CAD (Coordinated Information Systems), GIS (Geographical Information Systems), EDI (Electronic Data Interchange), virksomhedens CAD-manual, virksomhedernes IT-politik/strategi, ønsker til nye udvekslingsformater samt spørgsmål vedrørende "en ny byggekultur" forårsaget af den ny teknologi. Disse emner var heller ikke medtaget i de tre tidligere udførte undersøgelser - flere af emnerne var ikke særligt kendte eller relevante blot for nogle få år siden.

Resultaterne fra undersøgelsen vurderes at være værdifulde for det fortsatte forsknings- og udviklingsarbejde, der har at gøre med anvendelse af informationsteknologi i byggesektoren. Det vurderes, at der ved en effektiv anvendelse af den tilgængelige informationsteknologi, kan ske et produktivitets/kvalitetsløft i de IT-tunge virksomheder i byggebranchen. En effektiv IT-anvendelse opnås i en kombination af egnede IT-værktøjer og ved, at byggebranchens virksomheder får øjnene op for nogle nye og bedre *rutiner* de bør tilegne sig, når de projekterer og bygger med støtte fra informationsteknologien. Det forventes, at nærværende undersøgelse er et vigtigt led i det forløb der skal resultere i en effektiv IT-anvendelse i byggesektoren.

2.1.1 Introduktion til undersøgelsen

Byggesektoren befinder sig midt i en forvandlingsproces, der går i retning fra den gamle traditionelle projekterings- og byggeproces og mod en ny og mere tidssvarende *byggekultur*, hvor informationsteknologiens indtrængen udgør en yderst vigtig parameter. Byggesektorens virksomheder har traditionelt, hver især, lavet deres del af den samlede mængde arbejde der skulle præsteres for at få et byggeri realiseret. Dette er sket med et minimum (dog ikke et tilstræbt) af genanvendelse-/integrering af allerede udarbejdede data. Med den ny "IT-byggekultur" skulle gerne følge en langt mere *integreret* samarbejdsform, på tværs af de traditionelle faggrænser, hvor størstedelen af allerede producerede data/informationer får mest mulig virkning gennem *hele byggeprocessen*, altså lige fra den tidlige projekteringsfase, i udbudsfasen, under udførelsen samt i drift- og vedligeholdelsesfasen. Først når en sådan byggekultur er blevet en *rutine* for byggeriets parter vil den for alvor vise sig at resultere i et produktivitetsløft.

Hvor langt er byggesektoren fremme med hensyn til at genanvende/ integrere sine projektdata ? - og hvor langt inde i den "ny byggekultur" befinder sektoren sig. Disse spørgsmål er blandt andet søgt afklaret med IT-undersøgelsen.

I nærværende hovedafhandling er kun gengivet resultater gående på sammenligninger med de tre tidligere udførte CAD-undersøgelser. Ønsker man at få indblik i samtlige undersøgelsens resultater, henvises til Sørensen [1996]. Der kan i nævnte rapport findes detaljerede resultater vedrørende:

- Antal og fordeling af CAD-licenser og arbejdsstationer
- Antal og fordeling af perifert hardware
- IT i øvrigt (tekstbehandling, regneark, databaser, programpakker)
- Netværk/kommunikation, herunder Internet
- GIS
- Materiale der udveksles digitalt
- Formål med digital tegningsudveksling
- CIS-CAD strukturen
- Virksomhedsforhold (har CAD resulteret i ændrede virksomhedsforhold)

Tilsvarende henvises til Sørensen [1996] for det nøjagtige omfang af undersøgelsen, de benyttede spørgeskemaer samt en beskrivelse af de forud-

sætninger, der har ligget til grund for undersøgelsen. Med hensyn til fordelingen af det antal virksomheder der henholdsvis modtog og returnerede et spørgeskema til undersøgelsen, så er vist en oversigt nedenfor i skema 2.1. Skemaet viser samtidig en oversigt over medlemstallet i de respektive relevante organisationer PAR, FRI, Entreprenørforeningen etc.. som de adspurgte er tilknyttet.

Undersøgelsen, som blev iværksat i september 1995, blev udført med deltagende virksomheder fra følgende kategorier: arkitekter, rådgivende ingeniører, entreprenører, landinspektører og i mindre grad blandt bygningsejere, fabrikanter/ leverandører, off. myndigheder samt viden- og uddannelsescentre. Det skal understreges, at der blev udsendt et forholdsvis større antal spørgeskemaer til byggebranchens *projekterende* virksomheder (arkitekter og ingeniører) samt til landinspektører end til de øvrige nævnte virksomhedstyper. Dette set i forhold til det antal virksomheder der findes i Danmark i de forskellige grupper.

Organisationer	Medlems- tal 1995	Udsendte skemaer	Return. skemaer	Primære udvalgsmetode
PAR	440	147	53	PAR medlemsfortegnelse
FRI	300	106	72	FRI medlemsfortegnelse/ fir- maprofil
Entreprenørforen.	795	44	9	Entreprenørforeningens med- lemsfortegnelse
PLF	270	61	24	PLF's medlemsfortegnelse
Kun medl. i CAD- brugerklub	-	102	13	-
I alt	1805	460	171	
Medlemmer i CAD- brugerklub, i alt	-	215	118	Medl. fort. fra ABB/ /AES/Arris/InterGr.

Skema 2.1. Fordeling af det antal virksomheder der henholdsvis modtog og returnerede et spørgeskema til IT-undersøgelse '95. De to første kolonner giver en oversigt over byggesektorens virksomheders medlemskab i faglige organisationer etc. Den metode hvorefter IT-undersøgelsens adspurgte virksomheder er udvalgt, er angivet i sidste kolonne.

Som det fremgår af skemaet blev i alt 460 spørgeskemaer udsendt og 171 virksomheder besvarede undersøgelsen.

2.1.2 Resultatpræsentationer

I dette afsnit bringes væsentlige resultater fra IT-undersøgelse '95 med henblik på at sammenligne disse resultater med resultater fra de tre tidligere udførte undersøgelser, hvor dette har været muligt.

2.1.2.1 Udvikling i CAD-udbredelsen

Ved sammenligning med de tre tidligere udførte undersøgelser, kan følgende resultater for udviklingen i CAD-udbredelsen i den danske byggesektor de sidste ca. syv år præsenteres.

2.1.2.1.1 Generelt

Procentangivelser i skema 2.2 angiver *gennemsnitsprocentdelen for alle deltagende virksomheder*, som har mindst én CAD-arbejdsplads (min. 1 CAD-brugerlicens og 1 CAD-arbejdsstation).

[CAD-udbredelsen i perioden 1988 til 1995]

UNDERSØGELSE	Antal virks. der besvarede undersøgelsen	Antal virks. der besvarede og har min. ét CAD-system	%-del af virks. der besvarede og har min. ét CAD-system	
Dec. '88	140	45	32 %	*1
Dec. '89	232	163	70 %	*2
Jun. '91	450	258	57 %	*3
Okt. '95	171	144	84 %	*3

Skema 2.2. Skemaet indeholder sammenligning med tilsvarende tal fra de tre tidligere undersøgelser. Bemærk, at disse tre undersøgelser hviler på hver sit grundlag m.h.t. *antal virksomheder*, der besvarede undersøgelsen, og (jvf. note 1, 2, 3) m.h.t. de virksomhedstyper der blev adspurgt. Undersøgelserne er således bedst sammenlignelige to og to, som den i skemaet adskillende vandrette punkterede linie indikerer.

NOTER:

*1 Undersøgelsen omhandlede kun arkitektfirmaer og rådg. ingeniørfirmaer som var medlem af enten PAR-EDB, FRI's EDB-brugerklub eller ABB.

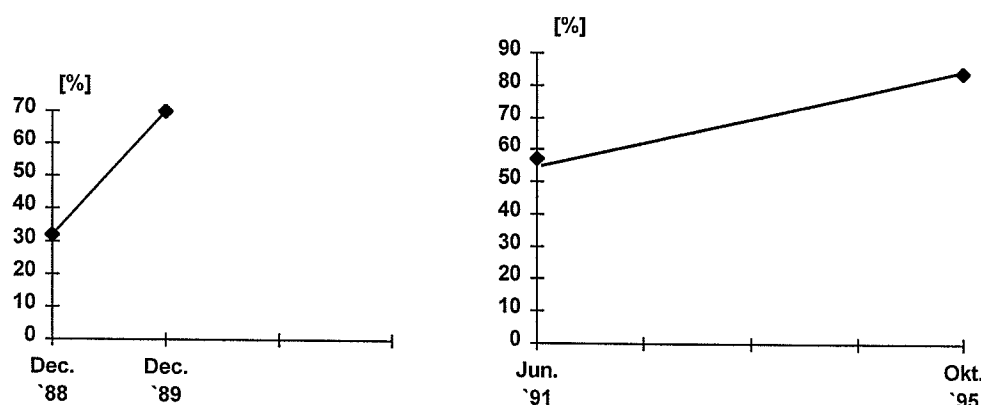
*2 Omhandlede, foruden de ovennævnte virksomheder, også landinspektører medlem af PLF-data

*3 Omhandlede alle potentielle typer af CAD-brugere i byggesektoren og altså ikke begrænset til arkitekter, ingeniører og landinspektører. I øvrigt er begrænsningen til EDB-klubmedlemmer undladt.

Skemaet giver et første indtryk af CAD-udbredelsen. Resultater er uddraget fra besvarelser til spørgeskemaets spørgsmål nr. 14 (undersøgelse okt. '95), idet alle virksomheder, der besvarede undersøgelsen, og som har mindst ét CAD-system, er medregnet.

Den høje værdi i undersøgelsen dec. '89 må tilskrives, at undersøgelsen var baseret på EDB-brugerklub medlemmer, som må forventes at have en større andel af CAD-brugere end gennemsnittet af alle firmaer. Der ses at være sket en relativ stor fremgang i antallet af (primært projekterende) firmaer, der anvender CAD i den danske byggesektor i perioden fra 1988 til '95.

Udviklingsforløbet er vist grafisk i figur 2.1 med undersøgelserne opdelt i de to sammenlignelige grupper.



Figur 2.1. Udviklingen i CAD-udbredelsen i byggesektoren de sidste ca. syv år. Gennemsnit for alle virksomheder, der har besvaret undersøgelserne. De i alt fire undersøgelser er bedst sammenlignelige to og to på grund af de forudsætninger, der er lagt til grund for undersøgelsesernes deltagende virksomheder.

Fra figuren ses, at der er sket en afdæmpning i antallet af ny-tilkomne CAD-firmaer i perioden juni 1991 til oktober 1995 i forhold til perioden fra december 1988 til december 1989. En svag tendens til denne dalende tilvækst blev nævnt i rapporten for '91-undersøgelsen. Se BPS[1992].

2.1.2.2 Antal CAD-arbejdspladser

Antallet af CAD-arbejdspladser i okt. '95 antager værdierne angivet i skema 2.3. Der sammenlignes med undersøgelsen i juni '91. Tallene er angivet for *det antal virksomheder* (angivet i parenteser), som har deltaget i undersøgelserne og som har CAD.

<i>Virksomhed</i>	<i>Jun. 1991</i>	<i>Okt. 1995</i>
Arkitekter	160 (58)	111 (33)
Rådg. ing.	483 (75)	771 (60)
Ark./ing.	20 (8)	59 (10)
Landinspekt.	78 (47)	72 (23)
Entrepr.	56 (16)	13 (4)
Fab./lev.	34 (14)	49 (3)
Off. mynd.	80 (12)	70 (4)
Andre	333 (28)	50 (5)
SUM	1.244 (258)	1.195 (142)

Skema 2.3 CAD-arbejdspladser i de forskellige virksomhedstyper. Tallene er angivet for det antal virksomheder (angivet i parenteser) som har deltaget i de to undersøgelser og har CAD.

Det samlede antal CAD-arbejdspladser blandt de besvarende virksomheder har udviklet sig fra 266 i dec. '88 (for 45 virksomheder), til 1.244 i jun. '91 (for 258 virksomheder) og til 1.195 i okt. '95 (for 142 virksomheder). Sættes tallene i forhold til en referenceværdi "pr. virksomhed", er udviklingsforløbet som vist i skema 2.4, nederste række.

	<i>Dec. 1988</i>	<i>Jun. 1991</i>	<i>Okt. 1995</i>
Antal CAD-arbejdspladser	266 (45)	1.244 (258)	1.195 (142)
Antal CAD-arbejdspladser pr. virksomhed	5,91	4,82	8,42

Skema 2.4. Udviklingen i antal CAD-arbejdspladser. Tallene i parentes angiver det tilsvarende antal virksomheder. Angivelserne i den nederste række er antal CAD-arbejdspladser målt pr. virksomhed. Tallene er omregnet direkte fra tallene, angivet i rækken lige over.

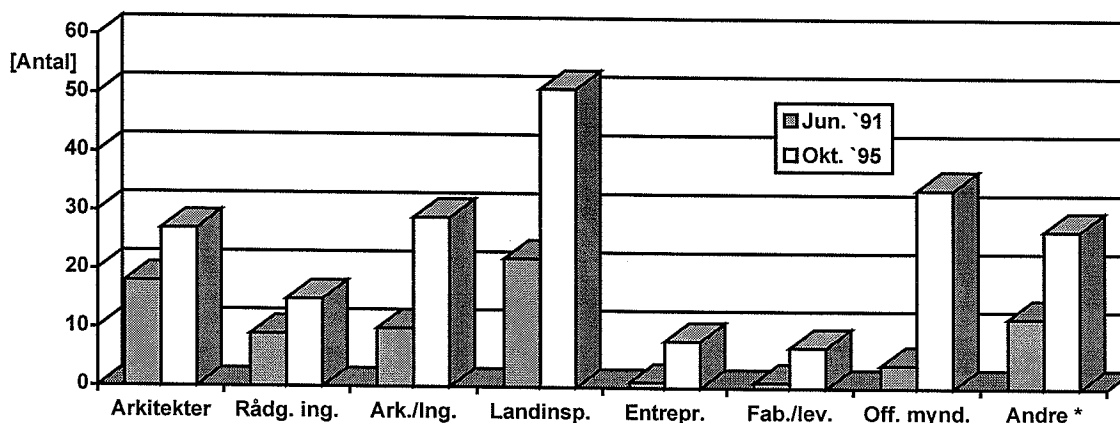
Det skal understreges, at tallene er usikre, idet de tre undersøgelser hviler på forskellige grundlag. I den forbindelse kan det fremhæves, at '88 undersøgelsen kun medtog arkitekter og rådg. ingeniørvirksomheder, som var medlem af EDB-brugerklubber. De to sidste undersøgelser har derimod alle potentielle CAD-brugere i hele byggesektoren med, og ikke kun begrænset til EDB-brugerklubmedlemmer. En anden usikkerhedsparameter ligger i, at størrelsen af virksomheder ikke er medtaget. Det er de små firmaer, som har den bedste CAD-dækning, målt på antal CAD-arbejdspladser pr. medarbejder. Denne kendsgerning er med til at give et forholdsvis større tal for '88-undersøgelsen end for '91- og '95- undersøgelserne, da

gennemsnitsstørrelsen på CAD-virksomhederne i '88 var mindre end for de to øvrige undersøgelser.

På baggrund af skema 2.4 kan en vækstrate estimeres til ca. 1,75 i perioden fra juni '91 og til oktober '95.

2.1.2.2.1 Fordeling på virksomhedstyper

Sættes antal CAD-arbejdspladser i forhold til medarbejderantal, ses det nedenfor viste udviklingsforløb.



Figur 2.2. Udviklingen fra '91 til '95 i antal CAD-arbejdspladser pr. 100 ansatte.

Det ses, at landinspektørerne har den bedste CAD-dækning, når det opgøres som det samlede antal CAD-arbejdspladser pr. 100 ansatte. Det ses endvidere, at virksomhederne generelt har tilføjet et stort antal nye CAD-arbejdspladser. Det ser således ud til, at især kombinerede arkitekt- og ingeniørfirmaer samt entreprenører i de forgangne fire år har øget CAD-dækningen markant. De sidste tre grupper (fab./ lev., off. mynd. og "andre") hviler på et for spinkelt statistisk grundlag til at kommentere udfra.

Udviklingen i antallet af CAD-arbejdspladser pr. 100 medarbejdere kan endvidere ses af skema 2.5, som angiver tallene, præsenteret i figur 2.2, og endvidere medtager en vækstrate, beregnet med udgangspunkt i '91-værdierne. Vækstraten er udeladt for de sidste tre grupper af virksomhedstyper.

Virksomhedstype	Juni '91	Okt. '95	Vækstrate	Gnm. snits- antal ansat
Arkitekter	18	27	1,50	12
Rådg. ing.	9	15	1,67	84
Komb. ark./ing.	10	29	2,90	20
Landinspekt.	22	51	2,32	6
Entrepr.	1	8	8,00	43
Fab./lev.	1	6	-	263
Off. mynd.	4	32	-	55
Andre	12	27	-	37

Skema 2.5. Kolonnerne "Juni '91" og "Okt. '95" angiver antal CAD-arbejdspladser pr. 100 ansatte. Kolonnen "Vækstrate" er dimensionsløs, og angiver væksten i perioden juni 1991 til oktober 1995, sat i forhold til juni 1991-værdien.

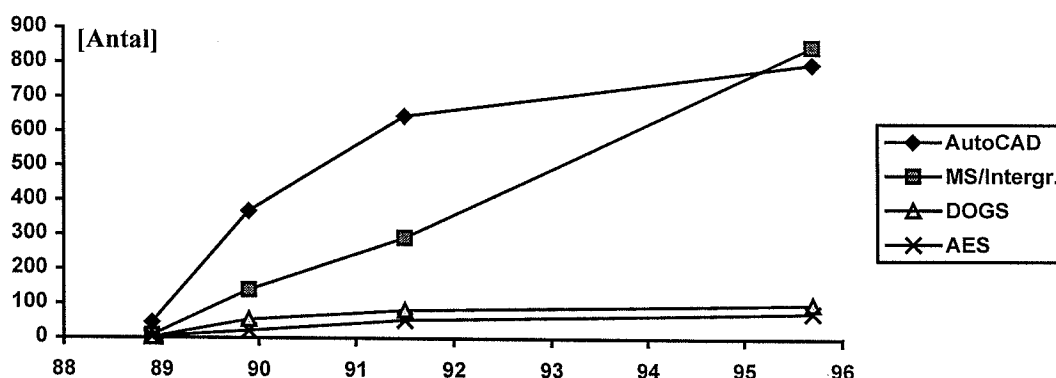
En præsentation af det registrerede totale antal CAD-systemlicenser og CAD-arbejdsstationer blandt de besvarende virksomheder er givet i Sørensen [1996].

2.1.2.2.2 Fordeling på virksomhedsstørrelser

Det er, som i '91 og ('89), stadig de mindre firmaer (<20 ansatte), som har den bedste CAD-dækning med i gennemsnit ca. 35-40 CAD-arbejdspladser pr. 100 medarbejdere. Væksten i antal CAD-arbejdspladser pr. 100 medarbejdere har dog været størst blandt de mellemstore virksomheder (20-80 ansatte) med en vækstrate af størrelsen godt 2 (i alt på perioden fra juni 1991 til okt. 1995).

2.1.2.3 Udvalgte CAD-systemer

Tilvæksten af solgte CAD-licenser for fire udvalgte CAD-systemer som har været mulige at sammenligne med de tre tidligere undersøgelser, er vist i figur 2.3.



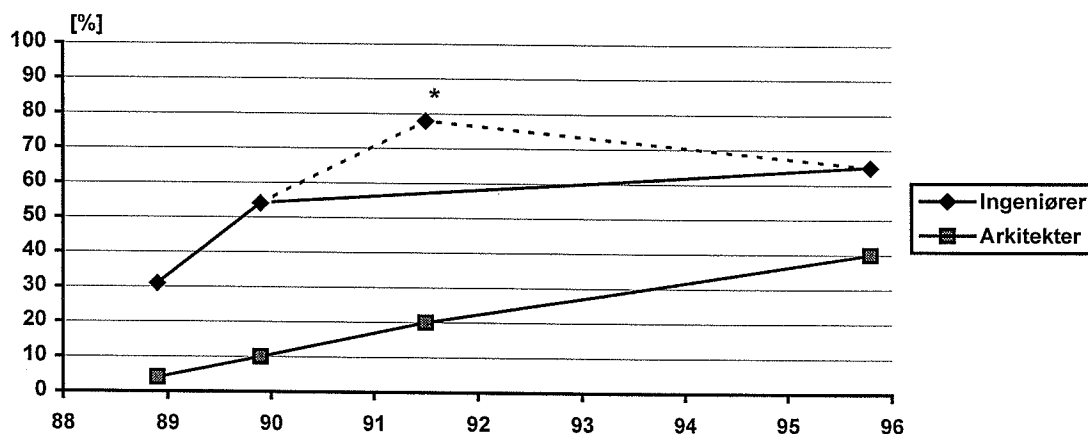
Figur 2.3. Udviklingen i antal CAD-licenser for fire udvalgte CAD-systemer

Det skal understreges her, at det er de registrerede antal CAD-licenser for hver af de fire undersøgelser. De fire undersøgelser har, som nævnt tidligere, et meget varierende antal deltagende virksomheder. I figur 2.3 er der ikke korrigeret for dette. Undersøgelserne voksede i omfang (antal besvarende virksomheder) fra dec. '88 til og med jun. '91, herefter faldt omfanget.

Det ser ud til, at AutoCAD/POINT er ved at blive overhalet af MicroStation-/Intergraph i antal solgte licenser. Det skal dog i den forbindelse nævnes, at der i undersøgelsen okt. '95 indgår besvarende projekterende virksomheder, som tegner sig for en meget stor andel af de solgte MicroStation-/Intergraph licenser. Dette indebærer, at antallet af virksomheder, som har AutoCAD/POINT licenser rent faktisk er større end antallet som har MicroStation-/Intergraph licenser. Der henvises til den detaljerede resultatpræsentation i Sørensen [1996] for resultater der viser en fordeling af CAD-systemernes udbredelse blandt de deltagende virksomheder.

2.1.2.4 Udvikling i CAD-projektering

Stigningen i antal CAD-arbejdspladser har da også resulteret i en stigning i CAD-projekteringen. For arkitekter og rådgivende ingeniører er udviklingsforløbet for dette gengivet i figur 2.4.



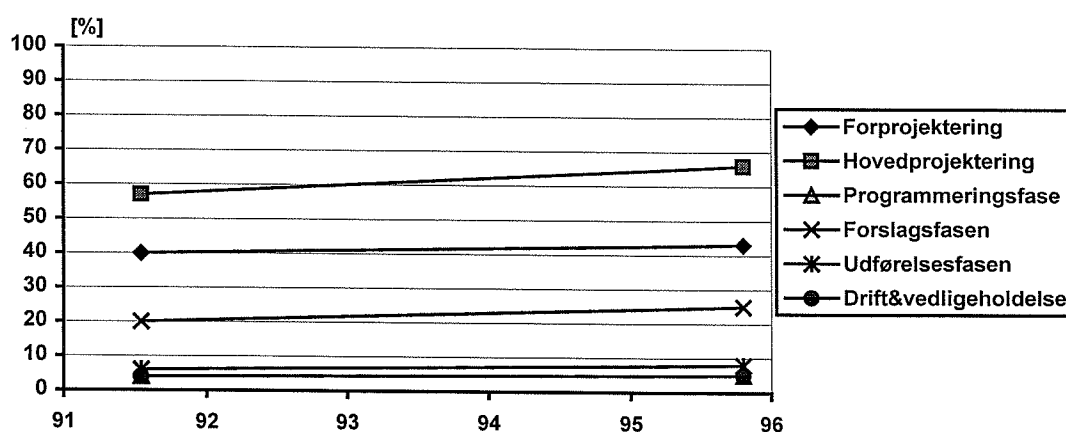
Figur 2.4. Udviklingen i CAD-projekteringen for de arkitekt- og ingeniørvirksomheder, der har besvaret undersøgelse, og som har CAD. Det er gennemsnitsprocenter for alle deltagende virksomheder indenfor to virksomhedskategorier, der er angivet. Gennemsnitsprocenterne angiver, i hvor stort et omfang CAD anvendes til projektering. Projektering kan her omfatte såvel udførelse af skitseprojekt, forprojekt, hovedprojekt etc. og det kan være såvel tegninger som andre dokumenter, at CAD anvendes til.

Figuren udviser for arkitekterne et pænt stigende forløb i CAD-projekteringen. For ingeniørernes vedkommende forholder det sig tilsyneladende lidt anderledes fra og med 1991. Der er på figuren vist en større CAD-projektering i 1991 (se * mrk. ved stiplede kurve) end i 1995. Dette søges forklaret nedenfor.

Værdien ved jun. '91 for ingeniører er vist til 77 %. Denne værdi er fundet til 67 % i okt. '95. Det skal nævnes, at der i rapporten fra CAD-undersøgelse '91, ved den pågældende resultatangivelse (77 %) er nævnt følgende, citat [BPS, 1992] "... med forbehold for de skøn, der ligger i beregningsmetoden" citat slut. Der oplyses ikke noget om de skøn der er lavet eller om beregningsmetoden. Det må blot her konstateres, at der på det pågældende resultat må forventes en vis usikkerhed i resultatet. Dette, kombineret med denne undersøgelses resultatusikkerhed, kan være forklaring på det tilsyneladende fald i ingeniørernes CAD-projektering i den pågældende periode.

2.1.2.5 Udvikling i omfang af CAD-brug (i forskellige projektfaser)

I hvilke projektfaser er det så at CAD anvendes ? CAD-projekterings tyngde ligger, som i jun. '91, stadigvæk under hovedprojektering og forprojektering. Arkitekter og ingeniører udfører i gennemsnit henholdsvis ca. 65 % og 43 % af projekteringen med CAD under hoved- og forprojektering. I '91-undersøgelsen var disse værdier på henholdsvis 57 % og 40 %. Se figur 2.5, to øverste kurver.

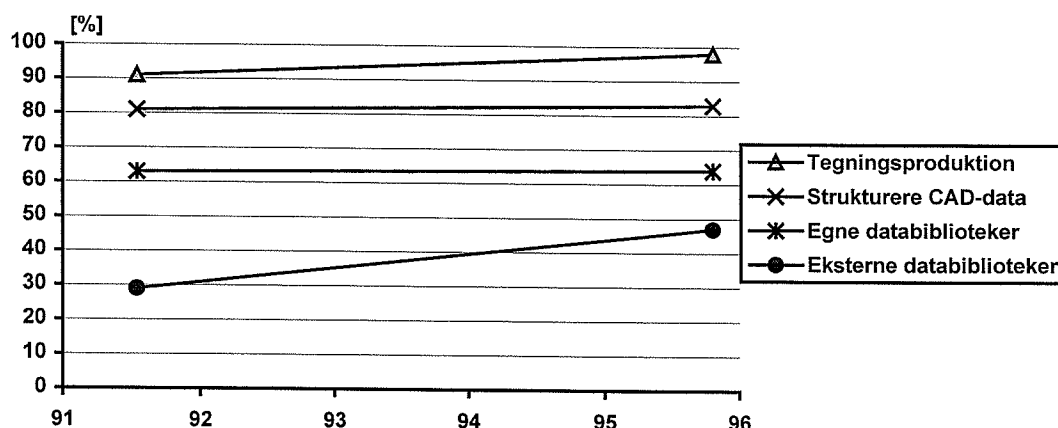


Figur 2.5. Udviklingen i omfang af CAD-brug ved forskellige projektfaser. De seks forskellige kurver er gennemsnitskurver for projekterende (arkitekter og ingeniører) der har besvaret undersøgelserne, og som har CAD.

Kun en mindre stigning er altså indtruffet på CAD-projekteringen under hoved- og forprojektering. For såvidt angår programmering og forslagsstilling, ligger tilsvarende værdier for CAD-projektering pr. oktober -95 på ca. 5 % henholdsvis 25 %. For disses vedkommende er der kun sket en næsten ubetydelig stigning siden '91-undersøgelsen (1-5 %). CAD-anvendelse under udførelsesfasen samt drift & vedligehold er pr. oktober -95 af størrelsen ca. 5 - 10 %. Også for disse CAD-anvendelser er der sket absolut minimale stigninger siden '91-undersøgelsen. Se figur 2.5.

2.1.2.6 Udvikling i brug af CAD

Hvad er det CAD anvendes til i den danske byggesektor? Tegningsproduktion eller også til andet som for eksempel at strukturere data med eller til at opbygge egne databiblioteker over bygningsdele, symboler, beskrivelser etc.?. Det viser sig, at anvendelsen af CAD stadig, pr. oktober -95, har sin tyngde i tegningsproduktion med ca. 98 % af alle CAD-virksomhederne [Sørensen, 1996]. I '91-undersøgelsen var dette tal 91 %. Se figur 2.6.

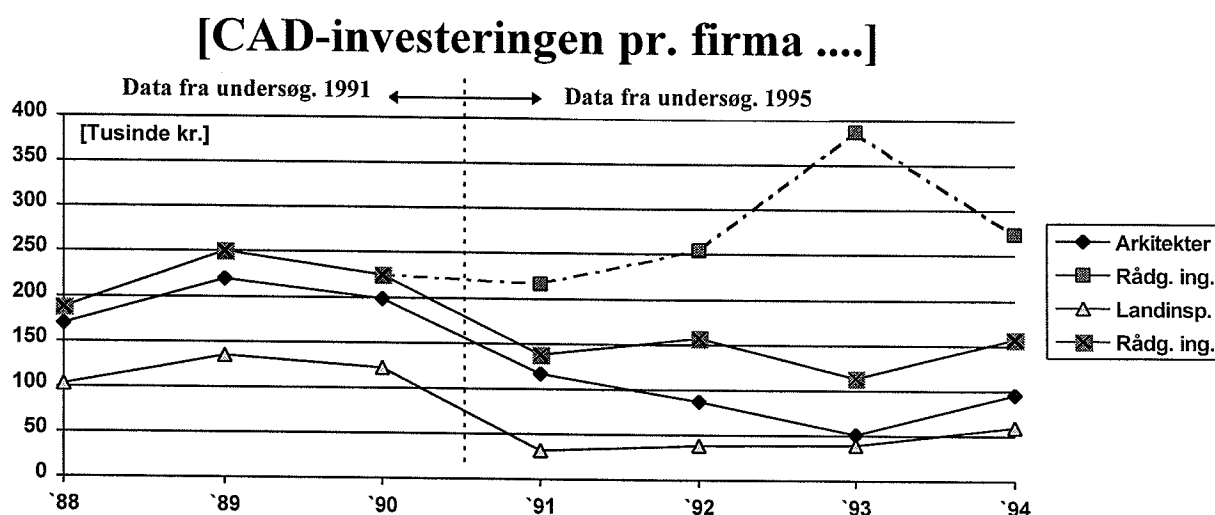


Figur 2.6. Udviklingen i anvendelsen af CAD til forskellige formål. De fire kurver er gennemsnitskurver for alle de virksomheder der har besvaret undersøgelserne, og som har CAD, dog ikke kurven der vedrører "eksterne databiblioteker" hvor det kun er de projekterende virksomheder der er sammenlignet.

Strukturering af CAD-data ligger ret uændret på ca. en 80-85 % af alle CAD-virksomhederne. Det er stadig (som for '91-undersøgelsen) primært POINT, der benyttes til denne strukturering af CAD-data. I nærheden af to tredjedele anvender egne databiblioteker. Dette er stort set et tilsvarende tal som i '91-undersøgelsen. Derimod anvendes eksterne databiblioteker pr. oktober -96 af henved halvdelen af alle de projekterende virksomheder. Dette var kun ca. mellem en fjerdedel og en tredjedel i '91-undersøgelsen.

2.1.2.7 Udvikling i CAD-investering

I perioden fra og med 1988 til og med 1994 kan udviklingen i CAD-investeringer opgøres. I figur 2.7 er således angivet investeringerne målt pr. firma, som har besvaret investeringsspørgsmålet. Dette er gjort for tre virksomhedskategorier, nemlig arkitekter, rådgivende ingeniører og landinspektører. Det er disse tre kategorier, som har været fremtrukket i 1991-undersøgelsen.

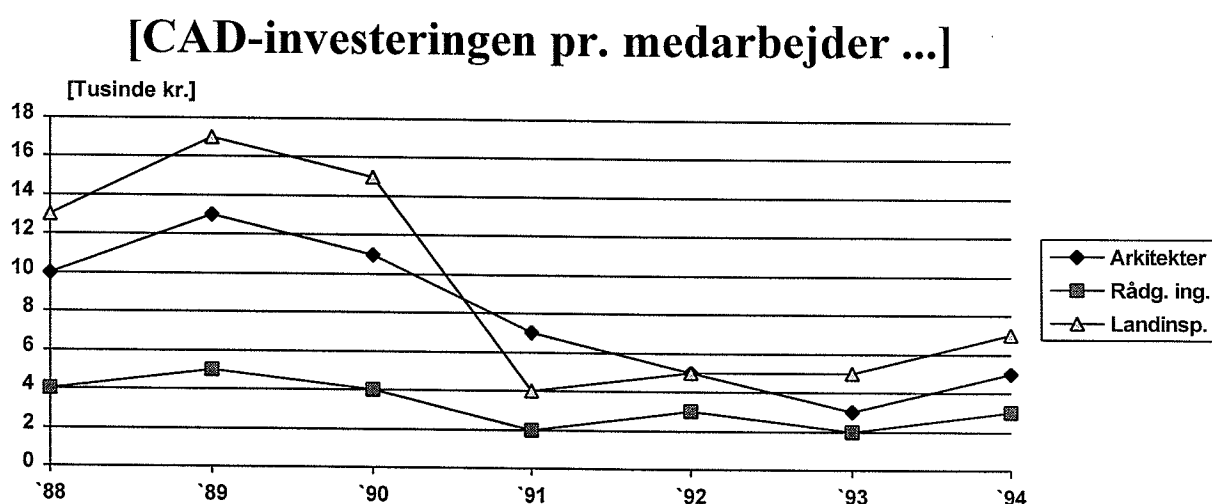


Figur 2.7. Udviklingen i CAD-investeringen i en syv års periode. Målt alene på investering pr. firma i tusinde kr. for de tre kategorier : arkitekter, rådg. ingeniører og landinspektører, som har besvaret investeringsspørgsmålet. Bemærk den øverste kurve (streg-prik linie) for rådg. ingeniører repræsenterer de virkelige, registrerede værdier. Den nederste kurve (fuldt optrukket) for rådg. ingeniører, repræsenterer de registrerede værdier, når et enkelt rådg. ingeniørfirma er udeladt. Se forklaringen hertil nedenfor.

Investeringen har haft en lokal maksimumværdi for alle de tre virksomhedskategorier i 1989. Arkitekterne og landinspektørerne har derefter fulgt nogenlunde ad med hensyn til investeringsforløbet, dog med en vis kvantitativ forskydning. Ingeniørerne derimod, har fra ca. 1991/ -92 skilt sig ud fra de to øvrige grupper, idet ingeniørerne har haft et stigende forløb (se streg-prik linie) i investeringslysten, hvor de to andre grupper har haft et faldende forløb, og omvendt. En forklaring på dette er fundet ud fra resultatdatabasen, idet nogle få rådgivende ingeniørvirksomheder i perioden fra 1991 til -94, har investeret endog særdeles store beløb i CAD. Der er tale om så store beløb, at gennemsnits-investeringen for alle godt 50 rådgivende ingeniørvirksomheder, som har besvaret investeringsspørgsmålet, er

øget markant. For at illustrere dette, er blot ét enkelt rådgivende ingeniørfirma udeladt, og forløbet er herefter vist (som den fuldt optrukne kurve for rådg. ingeniører) i figur 2.7. Som det ses fra figuren, er det kvalitative forløb for ingeniørernes CAD-investeringer nu sammenlignelige med arkitekternes og landinspektørernes.

Kurverne i figur 2.7 repræsenterer, som nævnt, CAD-investeringerne *pr. firma*. Det kunne være interessant, at se udviklingen for CAD-investeringen, målt *pr. ansat* i de samme firmaer. Dette er gengivet nedenfor i figur 2.8.



Figur 2.8. Udviklingen i CAD-investeringen de sidste syv år. Målt i investering pr. medarbejder i tusinde kr. for de tre virksomhedskategorier: arkitekter, rådg. ingeniører og landinspektører, som har besvaret investeringsspørgsmålet. (Ét rådg. ingeniørfirma er udeladt med samme begrundelse som angivet til figur 2.7.)

Ud fra denne fremstilling fremgår det, at det generelt er landinspektørerne, som investerer flest penge, målt pr. medarbejder, i CAD-systemer. De rådgivende ingeniører investerer færrest penge pr. medarbejder i disse tre sammenlignede kategorier. Ved sammenligning af figur 2.7 med figur 2.8 ses, at hvor ingeniørerne investerer flest penge i CAD, målt pr. firma, investerer landinspektørerne færrest. Derimod investerer landinspektørerne, jvf. figur 2.8 flest penge, målt pr. medarbejder, og ingeniørerne i denne situation færrest. Den sidstnævnte situation understøttes også af figur 2.2, hvor antallet af CAD-arbejdspladser pr. 100 medarbejdere blev gjort op.

2.1.2.8 Udvikling i integreret anvendelse

Ud fra resultater, angivet i Sørensen [1996], kan der beregnes gennemsnitsprocenter for den integrerede anvendelse af CAD sammen andre softwaresystemer vist i Sørensen [1996], skema 16. I skema 2.6 er dette beregnet, idet der ved beregningen er vægtet i forhold til det antal virksomheder, der har deltaget indenfor hver virksomhedstype. Der er i skemaet endvidere draget en sammenligning til den integration, der fandt sted i juni '91 med hensyn til CAD og andre computersystemer. I sammenligningen indgår kun 7 af de i Sørensen [1996], skema 16 i alt 10 undersøgte integrationsobjekter.

Undersøgelse	Mængdeberegning	Beskrivelse	Projektstyring	Økonomistyring	Beregning	Drift & vedligeh.	Facilities Managem.
Jun. '91	6 %	3 %	3 %	1 %	6 %	3 %	2 %
Okt. '95	20 %	15 %	17 %	8 %	15 %	20%	10 %

Skema 2.6. Udviklingen i CAD med integreret anvendelse i perioden juni 1991 til oktober 1995.

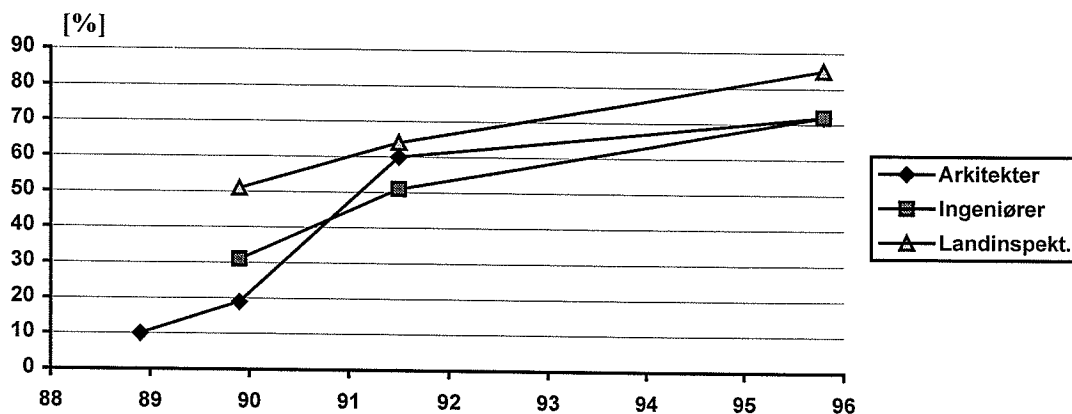
Fra skemaet kan der altså konstateres en pæn stigning i CAD og dets integrerede anvendelse i den viste godt fire års periode. Mængden af virksomheder som anvender CAD-systemet integreret med andre systemer er i 1995 stadigvæk forholdsvis beskedent, men antallet af nytilkomne virksomheder der gør brug af en form for integration, er dog tilsyneladende i en pæn vækst i disse år.

2.1.2.9 Udvikling i digital dataudveksling

Stigningen i den digitale dataudveksling mellem virksomhederne i byggesektoren kan aflæses af figur 2.9 for henholdsvis de projekterende arkitekter og ingeniører, samt for landinspektørerne. Det er kun for disse grupper, at en sammenligning fra de øvrige undersøgelser har kunnet finde sted. Det er udviklingsforløbet for dataudvekslingen af *tegninger*, der er vist. Se figur 2.9. Der er estimeret en procentdel af virksomhederne, som deltog i den digitale dataudveksling i '91-undersøgelsen. Disse tal var opgjort som totaler, og var kun præsenteret som grafer og "Manhattan" diagrammer. Der var i øvrigt sammenlignet med totaler fra '88- og '89-undersøgelserne, som i omfang var betydeligt mindre end '91-undersøgelsen. Det har derfor været vanskeligt at udrede egnede resultater til en overskuelig fremstilling

af dette emne. Men efter nærmere undersøgelse af resultater fra de tidligere undersøgelser fremkommer graferne vist i figur 2.9. De skal dog tolkes med en vis "forsigtighed" på grund af ovenstående kommentarer.

[Digital tegningsudveksling]



Figur 2.9. Udviklingen i digital tegningsudveksling. Værdierne angiver den procentdel af CAD-virksomhederne, som i større eller mindre omfang udveksler digitale tegninger med andre.

Der ses fra figuren at være en stadig stigende andel, som udveksler digitale tegninger. Landinspektørerne og ingeniørerne har haft et næsten ens udviklingsforløb med hensyn til den digitale tegningsudveksling, dog har landinspektørerne generelt udvekslet mest.

Graferne viser dog kun værdier som en enkelt talværdi i hvert af de fire årstal. Det kan nævnes her, at for '91- og '95-undersøgelsernes vedkommende har arkitekterne udvekslet mest med ingeniørerne, ingeniørerne har udvekslet mest med arkitekterne og landinspektørerne har udvekslet mest med landinspektører og ingeniører. Det kan endvidere nævnes, at entreprenørerne har udvekslet mest med ingeniører, leverandører og bygherrer. Yderligere resultatpræsentationer for den digitale dataudveksling for '95-undersøgelsen kan findes i Sørensen [1996].

2.1.2.10 Udvikling i anvendelse af udvekslingsformater

Til egentlig tegningsudveksling er DXF formatet stadig det mest fremherskende med 70-90 % brugere blandt de projekterende (incl. landinspektører) og med brug af ca. 25 % blandt entreprenørerne.

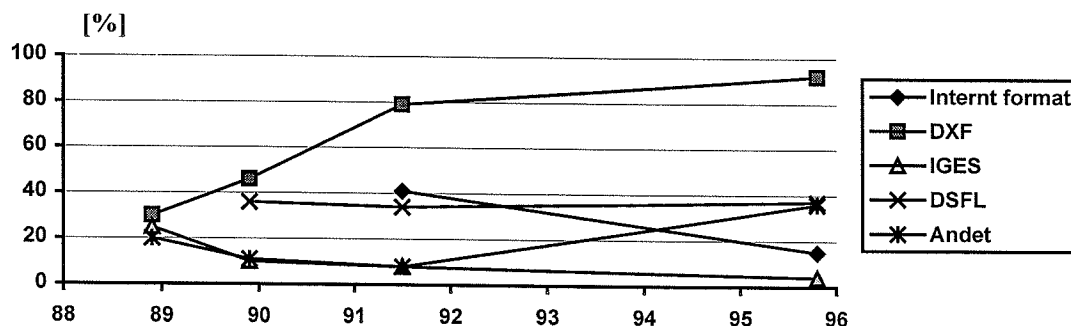
DSFL formatet anvendes af 3 % af arkitekterne, ca. 20 % af ingeniørerne og af hele 95 % hos landinspektørerne. DSFL har haft et faldende brug blandt arkitekter og et nogenlunde uændret brug blandt ingeniører og landinspektører siden 1991.

IGES formatet benyttes af 7 % af arkitekterne og 5 % af ingeniørerne. For dette formats vedkommende kan spores den modsatte tendens af, hvad er gældende for DSFL formatet. Der er nemlig sket et fald i ingeniørernes anvendelse af IGES fra ca. 13 % til 5 % fra 1991 til -95 og et uændret brug af IGES formatet blandt arkitekterne.

STEP standarden, som er en international standard til brug for udveksling af produktmodeldata, er ikke registreret benyttet hos nogle af de 171 deltagende virksomheder ! STEP Version 1.0 har eksisteret siden 1990.

I figur 2.10 er vist udviklingen for anvendelsen af udvekslingsformaterne DXF, DSFL, IGES etc. bestemt som gennemsnitsværdier for alle besvarende virksomheder i undersøgelserne fra 1988, -89, -91 og -95.

[Udviklingen i anvendelse af udvekslingsformater ...]



Figur 2.10. Udviklingen i anvendelse af udvekslingsformaterne DXF, IGES, DSFL, interne udvekslingsformater samt andre (ikke specificerede) formater. Gennemsnitsprocenter for alle de i undersøgelserne deltagende virksomheder, som anvender de pågældende udvekslingsformater. Antallet af virksomheder der deltog i de fire undersøgelser var hhv. 140 (dec. 1988), 232 (dec. 1989), 450 (jun. 1991) og 171 (okt. 1995). Fordelingen af adspurgte virksomhedstyper har endvidere ikke været ens i de fire undersøgelser. Dog har de seneste to undersøgelser haft et ensartet firmaprofil med deltagende virksomheder fra hele byggesektoren, men med overvejende deltagelse blandt de projekterende. Tilsvarende havde undersøgelserne i 1988 og 1989 et ensartet firmaprofil, idet der kun deltog arkitekt- og ingeniørvirksomheder (i 1989 dog også landinspektører) som var medlem af en EDB-brugerklub.

2.1.3 Afsluttende bemærkning

Med et stadig stigende IT-indkøb i byggesektoren, er der et stigende behov i retning af mere målrettet forskning og udvikling inden for dette område. Dette specielt set i lyset af de mange forskellige IT-systemer (der er f.eks. registreret 13 CAD-systemer i undersøgelsen), der er på markedet. Jo flere systemer der findes på markedet, des større vurderes risikoen at være for inkompatibilitet systemerne imellem. Med det samtidigt stigende brug af EDB-netværker og ekstern kommunikation firmaerne imellem, er der således et stigende behov for standardisering af softwaresystemer og dataudvekslingssystemer.

For udvekslingsformaternes vedkommende blev det gennem undersøgelsen vist, at de interne systemformater, i mindre grad (ca. 17 %), er udbredt blandt rådgivende ingeniørvirksomheder og landinspektører. De interne systemformater har sin anvendelsesfordel, når der udveksles i mellem ens computersystemer. Der blev registreret et kraftigt fald i anvendelsen af det interne format siden 1991! Skyldes dette en stadig stigning af nye CAD-systemer, der kommer på markedet sammenholdt med en stigning i udvekslingen mellem CAD-virksomheder, jvf. figur 2.9 ? Det kan vel være en plausibel forklaring.

Med den ny "IT-byggekultur" som blev omtalt i indledningen til nærværende kapitel skulle der gerne følge en samarbejdsform på tværs af de traditionelle faggrænser således, at flest mulige informationer der produceres igennem et projektforsløb kan udnyttes af andre igennem *hele* byggeprocessen *også* efter byggeriets opførelse, altså i drift- og vedligeholdelsesfasen.

Med undersøgelsen er det søgt, at kaste lys over i hvor stort et omfang byggesektoren egentlig har vænnet sig til den nye teknologi- og dermed at finde ud af, i hvor høj grad allerede producerede data udveksles og integreres/genanvendes hos samarbejdspartnerne. Rapportens resultater tyder på, at der *fra* projekteringsfaserne og *til* udførelsesfasen samt drift- og vedligeholdelsesfaserne kun sker en meget beskeden integration (genanvendelse) af de allerede producerede projektdata. Det er navnlig i forprojekteringen og hovedprojekteringen, at CAD anvendes, generelt betragtet, blandt såvel de projekterende firmaer som entreprenørerne.

Undersøgelsens resultater indikerer endvidere, at der kun i mindre omfang anvendes CAD-systemer integreret med andre softwaresystemer, i størrelsesordenen 10-20 %.

Det er undersøgt, hvor meget virksomhederne investerer i denne nye teknologi. Ikke helt små beløb. I størrelsesordenen typisk omkring 100-200 tusinde kr. pr. gennemsnitsfirma pr. år. Investeringer, der naturligvis gerne skulle hentes hjem igen. Dette kan ske gennem egentlige produktionsstigninger eller - gennem kvalitetsløft ! Begge disse forhold vil stille den enkelte virksomhed bedre i konkurrencen med de øvrige virksomheder, og branchen som helhed vil stå stærkere på den internationale arena. Dette er naturligvis endnu vigtigere her i en tid, hvor et nyt EU-tjenesteydelsesdirektiv for nylig er trådt i kraft. Et direktiv, som øger udlandets muligheder for at trænge ind på det danske byggemarked.

2.2 Tillægsundersøgelse

Der er lavet en tillægsundersøgelse i forlængelse af hovedundersøgelsen som blev behandlet i forrige afsnit. I tillægsundersøgelsen blev 20 virksomheder i den danske byggesektor, fordelt på arkitekter, rådgivende ingeniører, entreprenører, landinspektører og offentlige myndigheder adspurgte. Der var i alt syv virksomheder der besvarede denne undersøgelse. Undersøgelsens spørgsmål vedrørte registrerede problemer i forbindelse med dataudveksling, og navnlig med fokus på problemer med datastrukturer sammen med brug af tilgængelige udvekslingsformater.

To af tillægsundersøgelsens spørgsmål lød:

1)

Hvilke datatyper udveksles digitalt ? (sæt kryds)
1. Simple grafiske entiteter (datatyper som f.eks. linier og skraveringer)
2. Simple alfanumeriske entiteter (datatyper som f.eks. tekst, tal og tegn)
3. Kombination af ovenstående
4. Strukturerede data (datatyper hvor lagstruktur, blokke, referencer etc. er bevaret)
5. Objekter ^{*I}
6. Produktmodeldata ^{*II}

2)

Hvilke problemer er fremherskende ved dataudvekslingsopgaver jvf. de i foregående skema afkrydsede datatyper?		
Datatype	Udvekslingsformat angives ^{*III}	Fremherskende problemer
1. Simple grafiske entiteter [13]		
2. Simple alfanumeriske entiteter [14]		
3. Kombination af ovenstående [15]		
4. Strukturerede data [16]		
5. Objekter [17]		
6. Produktmodeldata [18]		

Skema 2.7 viser antallet af besvarende virksomheder, som anvender de nævnte *datatyper*, angivet i øverste række, ved dataudveksling. Skemaet angiver også med hvilke udvekslingsformater, der er problemer ved de forskellige datatyper.

	Simple grafiske entiteter	Simple a/n entiteter	Kombination af graf. og a/n entiteter	Strukture-rede data	Objekter	Produkt-model data
Antal virksomh. der benytter angivne datatyper	6	7	7	6	0	0
Problemer med udvekslingsform. i.f.b.m. udveksl. af nævnte datatyper	5 * DXF 1* DSFL 1* intern. format	4*DXF 2*DSFL 2*ASCII 1*internt format	4*DXF 1*andet 1*internt format	4*DXF 1*DSFL 1*DWG 1*internt format	—	—

Skema 2.7. Antal virksomheder der har besvaret tillægsundersøgelsen og udveksler de nævnte datatyper digitalt. I alt har 7 virksomheder besvaret tillægsundersøgelsen. Endvidere er angivet det antal virksomheder, som har problemer med de angivne udvekslingsformater, når der udveksles de pågældende datatyper. “5 * DXF” skal forstås således, at der er 5 virksomheder, der har problemer med anvendelse af DXF-formatet, når de udveksler simple grafiske entiteter. Endvidere skal det pointeres, at et enkelt firma godt kan være repræsenteret som bruger af flere forskellige udvekslingsformater.

De i skema 2.7 viste resultater har dog en begrænset værdi, jvf. nedenstående kommentarer.

Det ses, fra tillægsundersøgelsens resultater angivet i skema 2.7, at være DXF-formatet, der hyppigst er problemer med. Derefter kommer DSFL-formatet og interne formater på en delt andenplads. På tredjepladsen ligger ASCII-formatet.

Af skema 20 i Sørensen [1996] fremgår det, at af de ovennævnte formater er DXF formatet også det der anvendes mest, dernæst DSFL formatet og interne formater. Altså, et korresponderende mønster mellem de mest anvendte udvekslingsformater og fordelingen på de formater, der hyppigst konstateres problemer med. Hvis alle udvekslingsformater, i et tankeeksperiment, er præcis lige gode, så ville den samme iagttagelse naturligvis fremkomme i sammenhængen “størst anvendelse giver flest registrerede problemer”. Resultatet i skema 2.7 er således umiddelbart af begrænset værdi. Det kan dog benyttes som et grundlag for præsentation af hvilke

problemer, disse syv virksomheder typisk har haft med de forskellige udvekslingsformater. En sådan præsentation gives her:

DXF formatet er hyppigst problematisk ved oversættelsesprocedurer (målforhold og tekstfonte ændres utilsigtet, elementtyper ændres, skala etc.). Endvidere ændres skraveringer på tegninger, idet kun skraveringens udstrækning og oplysning om mønster skal angives. Skraveringen foretages først under udplotningen og er således afhængig af plottersystem. Tekster og signaturer på drejede tegninger skal efterredigeres. Ved udveksling af større og mere strukturerede tegninger med andre CAD-systemer via DXF formatet, mistes der ofte en del af strukturen m.h.t. blokke-, lag- og farveopbygningen. Ved udveksling af andre styresystemer (f.eks. UNIX) er der problemer med bogstaverne æ, ø, å, Æ, Ø, Å.

DSFL formatet giver problemer ved cirkler og såkaldte *splines*. Splines er tilsyneladende forskelligt defineret i forskellige systemer. Også for DSFL formatet melder der sig problemer med tekster og signaturer på drejede tegninger. I øvrigt er det tidskrævende at fortolke/oversætte ved DSFL modtagelse. Der er ikke tilknyttet oprindelseskode til de enkelte punkter. Også når der anvendes DSFL opleves forskelle i fontdefinitioner som et problem.

Ved de interne formater opleves, at skraveringer kan give problemer, idet der tilsyneladende ikke er tilstrækkelig kompatibilitet til de forskellige plotsystemer, som findes på markedet.

Det er klart, at det for de interne formater er en forudsætning, at der anvendes de samme CAD-systemer eller, at modtagerens CAD-system kan oversætte *fra* det pågældende modtagne interne format og *til* sit eget systems format. Der kan således være problemer med oversættere i modtagerens system, idet denne skal kunne klare flere forskellige formater i flere systemversioner. Altså ret skrappe krav til en oversætter.

2.3 Afsluttende bemærkning

I dette kapitel er status for dataudveksling og -integration i den danske byggesektor afdækket og niveauet for anvendelse, registrerede problemer etc. i forbindelse med informationsteknologien er anskueliggjort. Men der synes at være brug for en endnu mere detaljeret afdækning af byggesekto-

rens brug af informationsteknologi gennem en byggeproces. Dette vil, sammen med de foretagne undersøgelser, give en god viden og dokumentation når der senere i afhandlingen skal peges på løsninger der kan forbedre anvendelsen af informationsteknologien i byggesektoren.

I næste kapitel undersøges en projekteringsproces derfor lidt nærmere. Hvilke aktiviteter udfører et projekteringsteam egentlig under en projekteringsproces? og hvilke af disse aktiviteter udføres i dag henholdsvis med og uden brug af informationsteknologi.

Kapitel 3. Registrering af en projekteringsproces

Formålet med dette kapitel er primært at registrere og analysere de aktiviteter der finder sted i et projekteringsforløb. Der er udviklet en metode til dette formål. Metoden er afprøvet i praksis i et forsøg over 15 uger på et konkret projekt. Den udviklede metode samt det omtalte forsøg præsenteres kortfattet i afsnittene 3.4 og 3.5. Resultater fra registreringsforsøget præsenteres i afsnit 3.6. En detaljeret beskrivelse af metoden, forsøget og resultaterne kan findes i en særskilt rapport, se Sørensen [1997b].

Inden registreringsmetoden, forsøget og tilhørende resultater beskrives, synes det formålstjenligt at introducere området lidt nærmere. Dette er gjort gennem afsnittene 3.1, 3.2 og 3.3 hvor der introduceres henholdsvis a) aktiviteter i en projekteringsproces, b) kreative processer i projekteringsprocessen og c) projekteringsprocessens faseopdeling.

3.1 Introduktion til aktiviteter i en projekteringsproces

Gennem en projekteringsproces for byggeri udføres en række aktiviteter, delprocesser, funktioner etc. for at opnå et færdigt produkt, hvor produktet i denne sammenhæng er det projektmateriale, som benyttes til grundlag for opførelse af bygværket.

Flere af de aktiviteter og delprocesser etc. som finder sted gennem en projekteringsproces synes ikke umiddelbart at bidrage til "skabelse af egentligt projektmateriale", dvs. det slutprodukt som er under udarbejdelse. Undervejs i projekteringsprocessen bruges mange ressourcer på aktiviteter som:

- Mødedeltagelse
- Intern og ekstern informationsudveksling
- Videntilegnelse
- Sagsstyring
- Udplotning/printning
- Dokumentationsarbejde
- Arkivering
- Udsendelse af diverse referater, tegninger etc.
- Transport
- Venteposition pga. manglende oplysninger

Enhver person som har været ansat i en projekterende virksomhed i byggesektoren har formentlig oplevet, at projekteringsprocessen er en “ulinear” størrelse og en proces, hvori der er mange iterative delprocesser skjult, før man er fremme ved slutproduktet. Gennem processen opleves således ofte, at aktiviteterne ligefrem er *domineret* af de førnævnte mindre produktionsfremmende aktiviteter.

De projekterende virksomheder, som mange andre virksomheder i øvrigt, måler da også hyppigt en “sagsfaktor” for et projekt som forholdet mellem et indgående fast honorar og den kostpris som typisk dækker lønninger til medarbejdere koblet på sagen. Sagsfaktoren ønskes naturligvis så stor som muligt for derved at opnå et egentligt dækningsbidrag til brug for faste udgifter som husleje, udstyr, samt måske endda til et overskud.

Man kan normalt kun i begrænset omfang aflæse tidsforbruget gennem virksomhedernes “timesedler” som de ansatte skal udfylde. De forskellige aktiviteter er ofte grupperet i nogle meget få overordnede grupper som ikke er istand til at anskueliggøre fordelingen af alle de aktiviteter et projekterings-team benytter sig af gennem projekteringsprocessen. Der er derfor gennem dette Ph.d-projekt udviklet en metode som giver mulighed for nærmere at kunne belyse forbruget og fordelingen af alle de aktiviteter der bliver udført gennem en projekteringsproces.

Den derved opnåede viden kan benyttes som grundlag for at kunne støtte og “sætte ind” på de rigtige steder, når det gælder anvendelse (og udvikling) af informationssystemer. Samtidig kan det give virksomheder et redskab til at finde hvor og i hvilke projektfaser aktiviteter i gruppen “ikke direkte projektilførende” primært findes.

Inden den udviklede metode samt et udført forsøg med metoden præsenteres nærmere, skal projekteringsprocessen dog først introduceres lidt nøjere. Projekteringsprocessen indeholder som antydning tidligere en række delprocesser. Disse delprocesser kan karakteriseres som *kreative processer*. Lad os se lidt på en kreativ proces.

3.2 Kreative processer i projekteringsprocessen

Projekteringsprocessen består af en række kreative processer. Gennem et projekteringsforløb arbejder en række personer sammen om at skabe et

produkt, nemlig det projekt som sætter en entreprenør i stand til at opføre det projekterede bygværk. Projektet bliver som nævnt udført gennem en projekteringsproces som igen indeholder en række kreative processer. En kreativ proces kan eksempelvis bestå i “det at beregne en stålramme” hvor beregningen indgår som en delopgave i den samlede projekteringsopgave og dermed som en delproces i den samlede projekteringsproces. En kreativ proces kan i væsentlig grad beskrives ved følgende punkter:

- Forberedelse med *analyse*, hvor man skaffer sig information om opgaven og denne information sættes i forbindelse med det man allerede ved i forvejen. Man søger så at sige at gøre informationen konkret.
- *Syntese*, som er den modsatte proces af analyse. Ved syntesen dannes en helhed ud af de indgående konkrete bestanddele, således at de mange enkeltinformationer kan behandles som én *abstrakt* information og indgå som én information i større sammenhænge, der derved lettere kan overskues. Man ønsker at ordne informationerne så de kan findes hurtigt igen. Dette kan anskueliggøres ved, at man måske danner nogle bunker på skrivebordet hvor informationer af en bestemt slags ligger i én bunke.
- *Nyskabelse*. Her fås en god idé til løsning af opgaven eller en del heraf. Idéen fremkommer ved, at elementer fra underbevidstheden kommer op til overfladen og bliver bevidste, dvs. får en tilstand så man kan tænke på den.
- *Realisering*. Ideen skal nu fastholdes, formuleres og noteres ned på et fast medie. Måske i form af en skitse på et stykke papir. Herved melder der sig måske nye spørgsmål til idéens detaljer. Herefter skal det prøves om idéen holder med eventuelt en ny kreativ proces til følge.
- *Opfølgning*. Der ønskes ofte en opfølgning hvor resultatets anvendelse registreres i sammenhængen. Entreprenøren kan eksempelvis foreslå ændringer under opførelsen grundet i forhold på stedet og disse ændringer i løsningen registreres.

Projekteringsprocessen er som nævnt typisk opdelt i en række projektfaser. Hver af disse faser indeholder en række kreative processer. Lad os se lidt nærmere på projekteringsprocessens faser. Fasernes indhold og struktur er formentlig allerede kendt af de fleste læsere af nærværende afhandling men en beskrivelse heraf findes alligevel formålstjenlig for at introducere “ikke-byggefolk” til området. Her tænkes navnlig på softwareproducenter som måske ikke har deres baggrund i byggesektoren og som læser nærvæ-

rende afhandling som baggrund for udvikling af nye informationssystemer til sektoren.

3.3 Projekteringsprocessens faser

Gennem projekteringsprocessen gennemløbes som nævnt en mængde af kreative processer, hvoraf mange må gentages, da de genererede idéer måske ikke kan verificeres eller anvendes af andre grunde. Flere kreative processer foregår endda samtidigt og de enkelte kreative processer kan selv indeholde kreative processer. Der endes op med en kompleks struktur af processer. For at kunne fungere i en større sammenhæng, hvor flere parter samtidigt arbejder med det samme bygværk, opdeles projekteringsforløbet ofte i nogle mere overskuelige faser. I byggebranchen hersker der i det store hele enighed om de enkelte fasers indhold. Faserne kan i kort form beskrives således, fra Hertz [1995]. Se også figur 3.1, nogle sider længere fremme:

Programmeringsfasen

Her formuleres byggeopgaven i grove træk, og krav og ønsker afklares gennem behovsanalyser, og resultaterne nedfældes i et *Programoplæg*. Der kan være tale om fysiske, økonomiske, miljømæssige og lovmæssige krav til bygningen, og der kan være tale om æstetiske og funktionsmæssige krav, som er afgørende for udformningen og løsningsvalget. Programoplægget bearbejdes og vedtages som et *Byggeprogram*. I byggeprogrammet findes oplysninger om krav, organisation, økonomi og tidsrammer for byggeriet. Byggeprogrammet dokumenterer bygherrens ønsker, og den videre projektering skal ske i overensstemmelse hermed.

Ved at have det nedfældet i et dokument beskytter bygherren sig mod at få et byggeri, der ikke lever op til forventningerne, og byggeriets øvrige parter beskytter sig imod, at bygherren senere kan påstå, at det byggede ikke svarer til det aftalte.

Forslagsfasen

I denne fase udføres et eller flere *skitseprojekter*, som bearbejdes med hensyn til arkitektonisk udtryk og opfyldelsen af de opstillede ønsker og krav

til bygværkets ydeevne. Det er bygningens store linier der arbejdes med ved denne skitseringsproces, og bygningens væsentligste funktioner søges organiseret indbyrdes. Der anvendes i vid udstrækning kendte delløsninger med tilknyttet viden om deres ydeevner. Det kan enten være personlig viden hos den enkelte tekniker, standardløsninger udviklet af det enkelte firma eller standarddetaljer fra kilder udenfor projekteringsgruppen såsom lærebøger, opslagsværker, kataloger og studier af andre bygværker. I forslagsstillelsen tages mange af de væsentligste beslutninger. Arkitekten finder en hovedudformning og ingeniøren en hovedkonstruktion. Forslaget visualiseres, så dets fremtoning og funktion kan aflæses, og der suppleres med overslagsberegninger af priser og ydeevner.

De enkelte skitseprojekter vurderes og en del af dem forkastes. Andre bearbejdes yderligere, eksempelvis med hensyn til priser, driftsudgifter, opførelsestid, funktion etc. Priserne kan vurderes på baggrund af personlig erfaring, via specielle prisbøger eller ved at rådspørge hos en entreprenør der har erfaring med lignende opgaver. Disse yderligere bearbejdede skitseprojekter præsenteres som et antal *dispositionsforslag*. Blandt disse udvælges et eller nogle få, som bearbejdes mere detaljeret, og endelig forelægges bygherren. Et enkelt af disse accepteres af bygherren og fastholdes i et *projektforslag*. Det præsenterede projektforslag skal være i en overskuelig og forståelig form tilgængelig for en lægmand. Informative illustrationer kan være særdeles egnede at inddrage i projektforslaget og kan spare tid og sikre imod misforståelser i den efterfølgende detailprojekterings- og udførelsesfase.

Detailprojekteringsfasen

Denne fase indebærer normalt en forøgelse af antallet af projekterende, idet der nu skal udarbejdes et materiale, der i detaljer gør rede for projektet. Fasen opdeles normalt i to, idet der først udarbejdes et *forprojekt* med en begrænset medarbejderstab. I forprojektet gennemregnes alle væsentlige detaljer i bygningen, så man udfra dette kan fastslå, om man har husket at tage stilling til alle relevante spørgsmål. Forprojektet fremsendes til myndighederne til byggesagsbehandling. Myndighederne har nu tid til, inden byggeriet opføres, at behandle sagen og tage stilling til om byggeriet kan godkendes og om det overholder gældende krav stillet i bygningsreglement, brandlovgivning etc. Såfremt det godkendes, udsteder myndighe-

derne en byggetilladelse. Det kan stadig nås at foretage endog ret omfattende ændringer på bygningen inden den endelige detaljering begyndes.

Samtidig med at myndighederne behandler sagen opstarter man normalt med en større stab af teknikere på at bearbejde alle detaljer fuldt ud i et *hovedprojekt*. Et hovedprojekt skal være så detaljeret, at det kan danne grundlag for udførelsen og ofte også for den efterfølgende drift af bygningen. Det skal indeholde en fuld dokumentation i form af tegninger, beskrivelser og beregninger for bygningens ydeevner og for opfyldelsen af alle stillede krav.

Der sker i detailprojekteringsfasen en omfattende og detaljeret projektering af bygningen. Der anvendes ofte kendte løsninger fra tidligere projekter, da disse er tilgængelige med den rette detaljeringsgrad. I nogen grad suppleres med løsninger fra andre kilder.

Udførelsesfasen

Hovedprojektet er nu klart til at blive udbudt i licitation, bunden (indbudt) eller offentlig. Entreprenører giver tilbud på at udføre hele eller dele af den projekterede bygning. Alternativt kan det tænkes at projektet er udarbejdet som en del af en større totalentreprise og en licitation er så ikke aktuel.

Under denne "tilbudsproces" kan det forekomme, at entreprenøren foreslår større eller mindre ændringer til projektet. Dette kan have sin årsag i en mere simpel udførelsesmetode eller lavere pris forårsaget af et ændret udbud af materialer og komponenter. I erkendelse af, at det kan være hensigtsmæssigt, at entreprenøren i visse tilfælde afgør det endelige valg af de forskellige bygningskomponenter, kan man vælge i hovedprojektet at beskrive disse (bygningssdele, byggede) ved blot at specificere funktionskravene til dem. Denne funktionskravs-beskrivelse kan stå i stedet for eller som supplement til en traditionel detaljeret beskrivelse.

På baggrund af det afgivne tilbud, og de efterfølgende forhandlinger der finder sted mellem tilbudsgiver (entreprenør) og udbyder (bygherre gennem rådgiver) nedfældes den samlede aftale om opførelse af bygningen og vilkårene herfor i en *kontrakt*. Herefter har bygherren endeligt bundet sig til, at bygningen skal opføres.

Ofte udarbejder den bydende entreprenør et materiale, som afspejler projektet set fra den udførendes synsvinkel som grundlag for tilbudsregningen. Dette materiale kan den vindende entreprenør videreudvikle til et *arbejdsprojekt*. Dette projekt indeholder detaljerede arbejdstegninger, arbejdsbeskrivelser, procesdiagrammer, mængdelister og tidsplaner m.v.

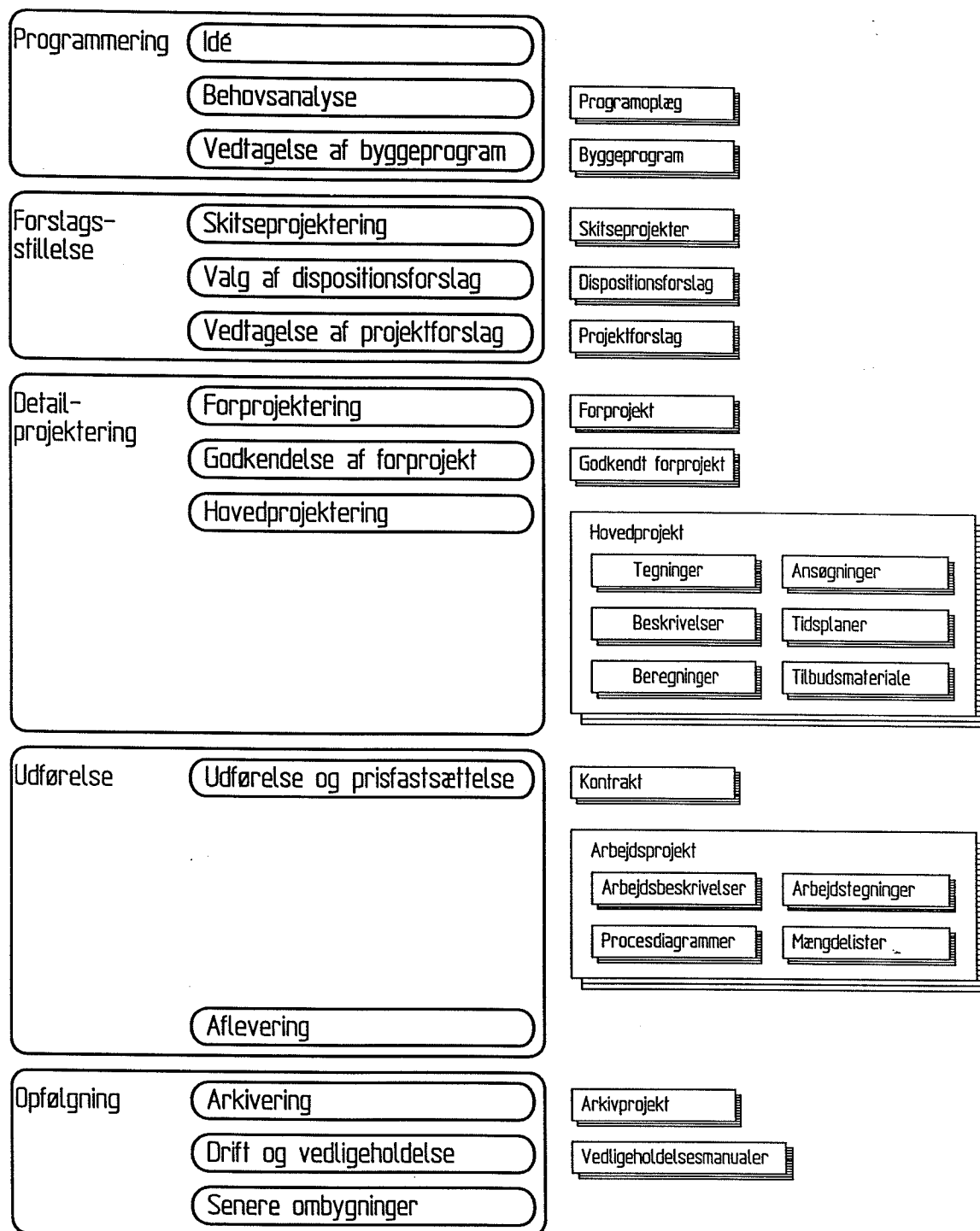
Arbejdsprojektet danner grundlaget for opførelsen af bygningen, og det tilrettes løbende efterhånden som der sker justeringer. Justeringerne kan have sin årsag i ønsker til småændringer fra bygherren efterhånden som bygningen tager form. De kan også skyldes såkaldte *uforudsete forhold* som eksempelvis jordbundsforhold som afviger fra de som er angivet i den geotekniske rapport. Justeringerne kan også skyldes ændrede arbejdsmetoder og hensyn til en praktisk udførelse.

Udførelsen afsluttes med en aflevering, hvor eventuelle mangler påtales og der indgås aftaler om deres udbedring. Her overtages bygningen formelt af bygherren til ibrugtagning. På dette tidspunkt skulle der også gerne foreligge en *ibrugtagningstilladelse* fra myndighederne som en endelig (officiel) godkendelse af den udførte bygning.

Opfølgningsfasen

Efter udførelsen skal/bør det reviderede projektmateriale arkiveres. Det tjener efterfølgende flere formål, blandt andet som dokumentation i forbindelse med placering af ansvar ved konstatering af eventuelle fejl og mangler. Yderligere kan det reviderede projekt benyttes i forbindelse med drift, vedligeholdelse og ombygning eller nedrivning af bygningen samt som dokumentation for eftertiden.

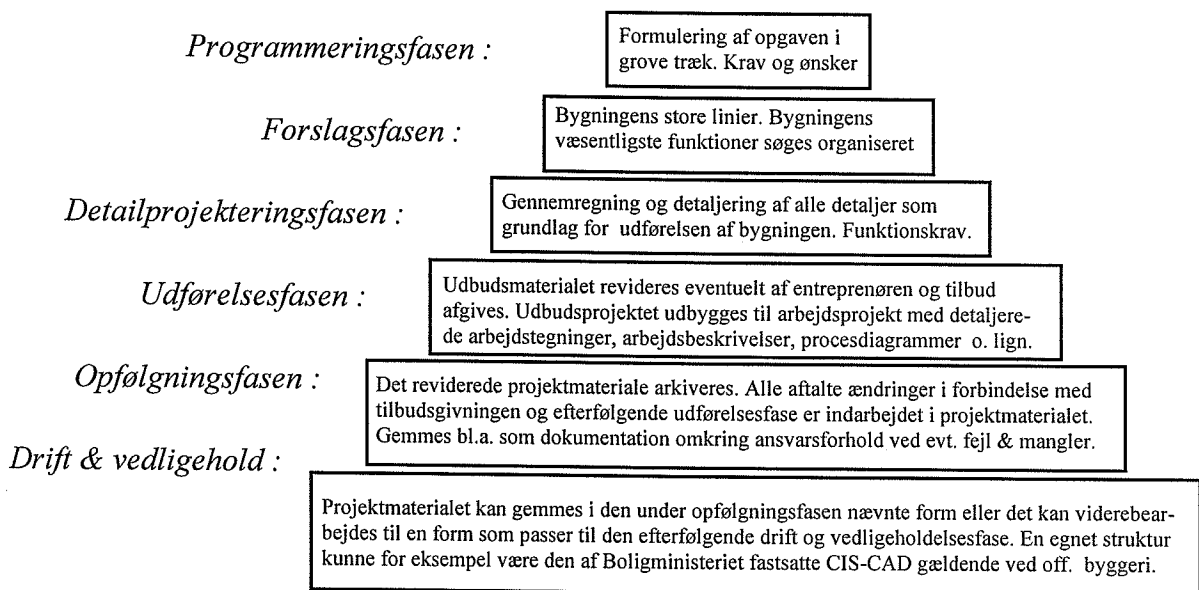
Den samlede oversigt over de benyttede faser og den tilhørende dokumentation som hver fase munder ud i er vist på figur 3.1



Figur 3.1 Faserne i en bygningsprojektering med delprocesser og dokumenter. Fra Hertz [1995].

Ud fra dette afsnits gennemgang af projekteringsprocessen ses det, at der til hver fase er forskellige behov, dels til detaljeringsgraden af det materiale der udarbejdes i hver enkelt fase og dels til den dokumentation som er et resultat af fasen. Dette faktum bør et informationssystem til brug for byggesektorens parter tage hensyn til! Et informationssystem skal således planlægges i henhold til fasernes tilstedeværelse. Denne fremgangsmåde vurderes umiddelbart at være den mest fornuftige i forhold til at forsøge at ændre byggesektorens faseforløb, og hidtidige arbejdsform, hen i retning af en proces som styres af et informationssystems opbygning og kunnen.

Projekteringsprocessens informationsbehov i de forskellige faser kan overordnet illustreres som vist i figur 3.2.



Figur 3.2. De forskellige fasers overordnede informationsindhold i en hierarkisk struktur.

Med baggrund i afsnit 3.1 og 3.2's beskrivelse af aktiviteter og kreative processer i en projekteringsproces samt dette afsnits introduktionen til projekteringsprocessens faseopdeling skal den udarbejdede metode til registrering og analyse af et projekteringsforløb nu præsenteres. Dette sker i næste afsnit (3.4). Et gennemført forsøg med metoden er kort beskrevet i afsnit 3.5 inden resultaterne fra forsøget præsenteres i afsnit 3.6.

3.4 En udviklet registreringsmetode

Med baggrund i en viden om den beskrevne bygningsprojekteringsproces er der udviklet en metode til at kunne afdække forløbet lidt nøjere.

En projekteringsproces består af *aktører* der udfører *aktiviteter* over *tid*.

En analyse af en proces kræver noget input og metoden indeholder derfor en fremgangsmåde til at registrere *aktørers aktiviteter* samt deres forbrugte *tid* tilknyttet hver aktivitet.

Den udviklede metode introducerer blandt andet en såkaldt *projekteffekt faktor*, som er et udtryk for, hvor effektivt projekteringen forløber samt indikerer, hvor meget et projekteringsforløb ændres i de forskellige projektfaser og faseovergange. Metoden er kort beskrevet i dette afsnit og detaljeret beskrevet i Sørensen [1997b].

3.4.1 Formål med metoden

Metoden til registrering og analyse af et projekteringsforløb har følgende hovedformål:

- At give forskere og udviklere af IT-projekteringsværktøjer en bedre indsigt i hvorledes en projekteringsproces forløber. Dette søges opnået gennem en afdækning bl.a. af *hvilke aktiviteter* IT benyttes til gennem processen samt ved at fastlægge, hvilke *aktørtyper* (ingeniører, assistenter etc.) der benytter den tilgængelige IT i en projekteringsproces. Ved en større og mere detaljeret indsigt i disse forhold forventes det, at der kan udvikles IT-projekteringsværktøjer, som i højere grad lever op til de faktiske behov, der er i en projekteringsproces.
- At give virksomheder et styreredskab til effektivisering af projekteringsprocessen. Ud fra metoden beregnes nogle *projekteffekt faktorer* som er et udtryk for, hvor effektivt et projekt kører til et vilkårligt tidspunkt. I øvrigt resulterer metoden i en detaljeret registrering af hvilke medarbejdere der udfører hvilke aktiviteter, med og uden IT. Med viden om disse forhold er virksomheden bedre stillet i forsøg på at integrere informationer/aktiviteter og optimere arbejdsprocesser.

3.4.2 Et formelsystem

Metodens endelige form er repræsenteret gennem følgende formelsystem. Baggrunden herfor kan findes i Sørensen [1997b].

Følgende variabelnavne benyttes:

- A_i : aktivitet nr. i
- AKT_j : aktørtype nr. j
- t_{ij} : aktørtype nr. j's tidsforbrug til aktivitet nr. i
- EF_i : aktivitet nr. i's effektfaktor
- PEF_l : projekteffekt faktor nr. l
- $A_{n_relativ}$: aktivitet nr. n's tidsforbrug i forhold til øvrige udvalgte aktiviteter tidsforbrug

Effektfaktor

Effektfaktorer (EF) er tal mellem 0 og 1, begge inklusive. De angiver, for hver aktivitet, den værdi som hver aktivitet tillægges, når der fokuseres på "projektværdi" eller "projekttilførsel". Værdien 1 angiver fuld projektværdi. Effektfaktorerne fastlægges af firmaerne, som ønsker at benytte metoden, og antager således de værdier som firmaerne selv vurderer, at de forskellige aktiviteter tilfører projektet.

Projekteffekt faktor

$$PEF_l = \frac{\sum_{AKT} \sum_{tid} t_{ij} * EF_i}{\sum_{AKT} \sum_{tid} t_{ij}} \quad (PEF_l \leq 1,0) \quad (3.1)$$

hvor der kan summeres over et udvalgt tidsrum (tid) og et udvalgt antal aktørtyper (AKT).

Projekteffekt faktoren kan maksimalt antage værdien 1. Projekteffekt faktoren kan antage en høj værdi selvom der samlet set forbruges mere tid end det der er afsat på tidsbudgettet, idet den forbrugte tid indgår i såvel tæller

som nævner i formel 3.1. Der skal således søges minimeret/kontrolleret følgende størrelse:

Tidsforbrug

$$tidsforbrug = \sum_{AKT} \sum_{tid} t_{ij} \quad (3.2)$$

Der kan her summeres over et valgfrit antal aktører (også en enkelt aktør) og over et udvalgt tidsrum, f.eks. svarende til en enkelt projektfase.

Endelig kan en fordeling af de aktiviteter som de enkelte aktørtyper har haft i et ønsket tidsrum bestemmes ud fra følgende formel.

Relativt tidsforbrug af en udvalgt aktivitet

$$A_{n_relativ} = \frac{\sum_{AKT} \sum_{tid} t_n}{\sum_{AKT} \sum_{tid} t_{ij}} * 100 \quad (\text{procent}) \quad (3.3)$$

I formel 3.3 kan aktiviteten der skal måles relativt vælges frit. Det samme gælder for den periode (tid) som analysen skal foretages i. Endelig kan aktører (AKT) vælges frit, både type og antal af disse.

3.5 Et registreringsforsøg

Den udviklede metode er afprøvet i praksis gennem en 15 ugers forsøgsperiode hos det rådgivende ingeniørfirma COWI. Et projekt der var under projektering blev stillet til rådighed for forsøget i perioden fra juni til september 1996. Der var i alt 19 medarbejdere fordelt på forskellige fagområder og fagniveauer som deltog i forsøget. Deltagerne skulle registrere alle de aktiviteter de havde på forsøgsdagene og angive forbruget af tid på hver af disse aktiviteter. Det anvendte registreringsskema er vist på figur 3.3, følgende side.

Resultater fra forsøget er vist i afsnit 3.6, primært vedrørende fordelingen af de forskellige aktiviteter der er registreret. Der er endvidere i afsnit 3.6 præsenteret resultater, hvor muligt, som vedrører en fordeling af aktiviteter henholdsvis *med* og *uden* brug af IT.

AKTIVITETER

Ar 1996	D. 11.06	D. 12.06
Gr. 200. Fremfende erfaringsmateriale		
A200 Fremf. relevant erfaringsgrundlag fra tidligere projekter (papirmateriale)		
A201 Fremf. relevant erfaringsgrundlag fra tidligere projekter (digitale data)		
A202 Andet sagsarb. for et fremf. erfaringsgrundlag (papirdokument)		
A203 Andet sagsarb. for et fremf. erfaringsgrundlag (digitale data)		
Gr. 210. Reproduktionsarbejde, udfor papirudsk.		
A210 Tegn. tryk af tegninger (incl. foldning + pakning)		
A211 Lave andre reproduktioner af tegn. matr. (raster, scanning etc.)		
A212 Tegn. fotokopier (incl. evt. indb. indb., c. lign. samt pakning)		
A213 Andet reproduktionsarbejde af papirdokumenter		
Gr. 220. Reproduktionsarbejde, udfor digitale datafiler		
A220 Tegn. tryk af digitale tegningsfiler (incl. foldning + pakning)		
A221 Lave andre reproduktioner af digitale tegningsfiler (raster etc.)		
A222 Backup af digitale projektdata		
A223 Andet digitalt reproduktionsarbejde		
Gr. 230. Udsendelse af projektmateriale		
A230 Til bygherre		
A231 Til arkitekt		
A232 Til ingeniør		
A233 Til landskæper		
A234 Til totalentreprenør		
A235 Til fagtekniker		
A236 Til producent/leverandør		
A237 Til myndigheder		
A238 Til andre		
Gr. 240. Tilslutningsarbejde		
A240 Tilslutning på pladsen		
A241 Udarbejdelse af tilslutningsnoter (uden IT anvendelse)		
A242 Udarbejdelse af tilslutningsnoter (med IT anvendelse)		
Gr. 250. Bygge-/ anlægsregnskab		
A250 Udarbejde bygge-/ anlægsregnskab (uden IT anvendelse)		
A251 Udarbejde bygge-/ anlægsregnskab (med IT anvendelse)		
Gr. 260. Føjfindning eller -retning i eget IT		
A260 Føjfindning eller -retning i IT-hardware		
A261 Føjfindning eller -retning i IT-software		
Gr. 270. Verifikation		
A270 Verifikation p.g.a. manglende oplys. fra eksterne pers./ firmaer		
A271 Verifikation p.g.a. manglende oplys. internt i virksomheden		
A272 Verifikation p.g.a. fejl i IT-hardware		
A273 Verifikation p.g.a. fejl i IT-software		
A274 Verifikation forårsaget af andre forhold		
Gr. 280. Kørsel/beford. i forbindelse m. projektet		
A280 Kørsel til/ fra sagsmøder (projektmøder, byggemøder etc.)		
A281 Kørsel til/ fra dir. opmålingsarbejder		
A282 Stærre rejsaktivitet i ind- og udland		
A283 Andet kørselsforbrug m.v. for projektets afvikling		
Gr. 290. Kvalitetssikring		
A290 Kvalitetssikring af tegninger (generelt)		
A291 Kvalitetssikring af beskrivelser (andet end tegninger)		
Gr. 300. Sygdom, fri og andet fravær		
A300 Fravær p.g.a. sygdom, lægebehandling el. lign.		
A301 Fravær p.g.a. afsædning med løn		
A302 Fravær p.g.a. ferie		
A303 Fravær af anden årsag		
Gr. 310. Pauser		
A310 Middagspause		
A311 Anden pause		
Gr. 320. Skift mellem forskellige projekter		
A320 Skift mellem forskellige projekter (registreres som et ANTAL)		

FI. SIKKEMÅN. A.3.5 / L.3.5. 08. 07.11. 10.06.05

UGE 24

INT.:

AKTIVITETER

Ar 1996	D. 11.06	D. 12.06
Gr. 90. Tilbudsgivning		
A90 Honorarberedning		
A91 Udarbejdelse af tilbud		
A92 Andet tilbudssarbejde		
Gr. 100. Aflever og kontrakter		
A100 Udarb. af skriftlige honorartraktater m. bygherre/samarb. partn.		
A101 Udarb. af kontrakter med bygherre/samarb. partnere		
A102 Udarb. af aflever for udvælgelse af digitale data		
A103 Anden aflever- eller kontraktudarbejdelse		
Gr. 110. Udveksling af digitale data		
A110 Udveksl. af tegningsdata v. filoverførsel m. EDB/rev. /modem		
A111 Udveksl. af tegningsdata v. postforsendelse af disketter el. lign.		
A112 Udveksl. af beskrivelsesdata v. filoverførsel m. EDB/rev. /modem		
A113 Udveksl. af beskrivelsesdata v. postforsendelse af disketter el. lign.		
A114 Udveksl. af beregningsdata v. filoverførsel m. EDB/rev. /modem		
A115 Udveksl. af beregningsdata v. postforsendelse af disketter el. lign.		
A116 Andet digitalt dataudveksling v. filoverførsel m. EDB/rev. /modem		
A117 Andet digitalt dataudveksling v. postforsendelse af disketter el. lign.		
Gr. 120. Oversættelse af modt. digitale datafiler		
A120 Tegningsfiler modtaget med DXF filformat		
A121 Tegningsfiler modtaget med IGS filformat		
A122 Tegningsfiler modtaget med DWG filformat		
A123 Tegningsfiler modtaget med DSEI filformat		
A124 Tegningsfiler modtaget med andet filformat		
A125 a/n datafiler modtaget med ASCII filformat		
A126 a/n datafiler modtaget med WORD filformat		
A127 a/n datafiler modtaget med WP filformat		
A128 a/n datafiler modtaget med andet filformat		
Gr. 130. Udplojning/ -printing		
A130 CAD-tegninger		
A131 Beskrivelser		
A132 Breve og lign.		
A133 Beregninger		
A134 Produktinformationer		
A135 Andet udlæsnings/ -printnings arbejde		
Gr. 140. Tilrettelse af modt. digitale dokumenter		
A140 Rette fejl i modtagne tegningsfiler (projekteringsfejl el. lign.)		
A141 Rette fejl i modtagne a/n filer (projekteringsfejl el. lign.)		
A142 Rette fejl eller tilpasse andre modtagne digitale dokumenter		
A143 Andet tilrettelsesarbejde af modtagne digitale dokumenter		
Gr. 150. Tilrettelse af modt. papir dokumenter		
A150 Rette fejl på modt. tegninger (projekteringsfejl el. lign.)		
A151 Rette fejl på modt. beskrivelsesmateriale (projekteringsfejl el. lign.)		
A152 Rette fejl tilpasse andet modtaget projektmateriale		
A153 Andet tilrettelsesarbejde af modtagne papir dokumenter		
Gr. 160. Dokumentationsarbejde		
A160 Udarb. dokumenterende kopier af div. tegningsforsendelser		
A161 Udarb. dokumenterende kopier af div. a/n forsendelser		
A162 Andet dokumentationsarbejde i forb. m. div. forsendelser		
Gr. 170. Arkivering, papirdokumenter		
A170 Arkivere projektmateriale (tegnings)		
A171 Arkivere projektmateriale (andet end tegninger)		
Gr. 180. Arkivering, digitale dokumenter		
A180 Arkivere digitalt projektmateriale (tegnings)		
A181 Arkivere digitalt projektmateriale (andet end tegninger)		
Gr. 190. Oprettelse af projektbiblioteker etc.		
A190 Oprettelse af projektbiblioteker (incl. symbol- og objektbib. etc.)		
A191 Oprettelse af projektbiblioteker på øvrigt IT		
A192 Planlægning af datastrukturering og lagring af digitale data i øvrigt		
A193 Andet oprettelsesarbejde til lagring af digitale projektdata		

NB ! Er du i tvivl om hvor en aktivitet skal registreres, kan LSS (DTU) spørges, evt. via HW eller HSC. Alternativt kan du foretage et skøn.

AKTIVITETER

Ar 1996	D. 11.06	D. 12.06
Gr. 0. Mødedeltagelse		
A1 Bygherremøde		
A2 Projektmøder		
A3 Bygherremøde		
A4 Projektmøder		
A5 Anden mødedeltagelse		
Gr. 10. Intern info-udveksling		
A10 Intern udveksling, egen ombringning af papirdokumenter		
A11 Intern udveksling, ombringning via internt postsystem		
A12 Intern udveksling, afsendelse via lokal EDB-netværk		
A13 Intern udveksling, afsendelse via lokal EDB-netværk		
A14 Anden intern udveksling		
Gr. 20. Ekstern info-udveksling		
A20 Ekst. udveksling, egen ombringning af papirdokumenter		
A21 Ekst. udveksling, afsendelse via postbrev el. lign.		
A22 Ekst. udveksling, afsendelse via EDB-netværk (intern el. lign.)		
A23 Ekst. udveksling, afsendelse via EDB-netværk (ATM, ISDN)		
A24 Ekst. udveksling, afsendelse via EDB og modem		
A25 Ekst. udveksling, telefonsamtale		
A26 Ekst. udveksling, telefakskrivning og -afsendelse		
A27 Anden ekstern udveksling		
Gr. 30. Videntilgængelse		
A30 Via telefonsamtale		
A31 Via telefakskrivning		
A32 Via lokalnetværk (læsning på skærm el. printet dok.)		
A33 Via EDB-netværk (Internet, læsning på skærm el. printet dok.)		
A34 Via EDB og modem (læsning på skærm el. printet dok.)		
A35 Via læsning af noter, bøger, foljet, etc.		
A36 Anden videntilgængelse		
Gr. 40. Kladder uden IT-anvendelse		
A40 Kladder til tegninger		
A41 Kladder til beskrivelser		
A42 Kladder til breve og følgesedler		
A43 Kladder til referater		
A44 Kladder til beregninger		
A45 Anden kladder uden IT-anvendelse		
Gr. 50. Røntgening/ -skrivning uden IT-anvendelse		
A50 Røntgening tegninger		
A51 Røntgening beskrivelser		
A52 Røntgening breve og følgesedler		
A53 Røntgening referater		
A54 Røntgening beregninger		
A55 Andet røntgeningsarbejde		
Gr. 60. Udarb. af tegn. og øvrige dok. med IT-anv.		
A60 Tegninger		
A61 Beskrivelser		
A62 Breve og følgesedler		
A63 Referater		
A64 Beregninger		
A65 Anden dokumentationsarbejde		
Gr. 70. Sagsstyring etc.		
A70 Planlægning af projekteringsarbejde (projekteringsplan etc.)		
A71 Sagsbudgettering (børmøderplan etc.)		
A72 Sagsbudgettering (økonomisk budget etc.)		
A73 Sagsregnskab (timeregistrering etc.)		
A74 Sagsregnskab (økonomisk regnskab)		
A75 Andet sagsstyrings arbejde		
A76 Bygherremøde		
Gr. 80. Timeregistrering		
A80 Udlydelse af timeseddel (uden IT-anvendelse)		
A81 Udlydelse af timeseddel (med IT-anvendelse)		
A82 Andet timeregistreringsarbejde		

REGISTRERINGSVEJLEDNING:

Den samlede forbrugte tid på én dag, angives i minutter, skrives ud for aktiviteten i datokolonnen. Der registreres i to hele dage om ugen. Valg af registreringsdage fremgår af de udlavede registreringskemaer. Husk at påføre init. Det er bedst at registrere løbende på et kladderpapir, og så summere ved fyraften for hver aktivitet. Skemaerne bliver indsamlet hver uge.

Figur 3.3. Det anvendte registreringsskema

3.6 Resultatpræsentationer

Den foreliggende resultatpræsentation vil blive grupperet i fagområder og fagplaner. Sidstnævnte svarende til det medarbejderniveau, som de enkelte deltagere befinder sig på. Først præsenteres dog resultater for den samlede deltagergruppe under ét.

Resultater er præsenteret for et udvalgt antal aktivitetsgrupper, nemlig de, som i denne resultatpræsentation er fundet mest interessante. De udvalgte aktivitetsgrupper repræsenterer ca. 75 procent af den samlede registrerede tid i hele forsøget, og de væsentligste aktivitetsgrupper er således behandlet.

3.6.1 Den samlede gruppe

Såfremt aktivitetsgrupperne 300 og 310 som vedrører *sygdom, fri, fravær, pauser* etc. holdes ude fra den samlede registrerede tid haves en *effektiv*, tid. De enkelte aktivitetsgruppers andele af den samlede registrerede effektive tid kan beregnes. Dette er gjort i skema 3.1 for den samlede gruppe under et. Et udvalgt antal aktivitetsgrupper er medtaget.

Det ses af skema 3.1, at de mest anvendte aktiviteter er aktivitetsgruppen 60: Udarbejdelse af tegninger og øvrige dokumenter med IT samt aktivitetsgruppen 70: Sagsstyring etc. med henholdsvis knap 20 procent og knap 18 procent af al registreret tid. Næst efter disse aktiviteter kommer aktivitetsgruppen 40: Kladder udarbejdet uden IT-anvendelse med godt 9 procent af al registreret tid efterfulgt af aktivitetsgruppen 10: Intern informationsudveksling repræsenteret med godt 8 procent af tiden. I afsnit 3.6.6 "Konklusion" gives yderligere kommentarer til skemaet.

Aktivitetsgruppe	Reg. tid [min.]	Procentdel af samlede eff. tid *
Gr. 10 Intern info-udveksling	8.989	8,3 %
Gr. 20 Ekstern info-udveksling	4.454	4,1 %
Gr. 40 Kladder uden IT-anvendelse	9.908	9,1 %
Gr. 50 Rentegn./-skrivning uden IT-anvendelse	3.354	3,1 %
Gr. 60 Udarb. af tegn. og øvrige dok. med IT	21.517	19,8 %
Gr. 70 Sagsstyring etc.	19.111	17,6 %
Gr. 110 Udveksling af digitale data	154	0,1 %
Gr. 120 Oversættelse af modt. digitale datafiler	756	0,7 %
Gr. 130 Udplotning/-printning	1.256	1,2 %
Gr. 140 Tilretning af modt. digitale dokumenter	330	0,3 %
Gr. 160 Dokumentationsarbejde	25	0 %
Gr. 170 Arkivering, papirdokumenter	3.383	3,1 %
Gr. 180 Arkivering, digitale dokumenter	705	0,6 %
Gr. 210 Reproduktionsarbejde, udfra papirdok.	952	0,9 %
Gr. 220 Reproduktionsarbejde, udfra dig. datafiler	30	0 %
Gr. 240 Tilsynsarbejde	1.680	1,5 %
Gr. 260 Fejlfinding eller -retning i eget IT	185	0,2 %
Gr. 270 Venteposition	311	0,3 %
Gr. 280 Kørsel/ befodr. i forbindelse med projekt	2.590	2,4 %
Total	79.690	73,3 %

Skema 3.1 Den samlede gruppes forbrug af tid på forskellige aktivitetsgrupper. Sidste kolonne angiver den procentdel, som tidsforbruget udgør i forhold til den samlede forbrugte effektive tid. * Den samlede forbrugte effektive tid for alle 19 deltagere i de 15 ugers registrering, to dage om ugen, er 108.802 min. excl. sygdom, fri og anden fravær.

3.6.2 Gruppering på fagområder

Såfremt deltagerne grupperes i fagområder der er vist i Sørensen [1997b], kan de enkelte fagområders væsentligste aktiviteter findes og fagområderne kan sammenlignes indbyrdes. Der benyttes følgende grupperinger:

1. LEDELSE..... 4 deltagere (L)
2. KONSTRUKTION.....6 deltagere (K)
3. MEKANIK.....3 deltagere (M)
4. EL.....2 deltagere (E)
5. BYGGEPLADS2 deltagere (B)
6. DRIFT & ØKONOMI.....2 deltagere (D&Ø)

Gruppe 6 er en sammenlægning af de to fagområder drift og økonomi. Dette er gjort, idet de to fagområder er beslægtede, samt for ikke at have en gruppe der kun er repræsenteret af en enkelt deltager. I skema 3.2 er resultater for disse 6 grupper vist. De angivne procenter viser de andele af de samlede registrerede effektive tider som de enkelte fagområder har haft i løbet af de 15 uger. Samlede effektive tider er angivet i skemaets sidste række. Af skemaet fremkommer en mere nuanceret fordeling af forbrugt tid på de forskellige aktiviteter. Bemærk for eksempel det store tidsforbrug (56 h.h.v. 76 procent) som elafdelingen samt drift og vedligeholdelse har haft på aktivitetsgruppen 70: Sagsstyring. Ledelsen og konstruktionsafdelingen holder der imod tidsforbruget af denne aktivitet yderst beskeden med 5 til 8 procent. Yderligere kommentarer gives i afsnit 3.6.6 "Konklusion".

Aktivitetsgrupper	L	K	M	E	B	D&Ø
Gr. 10 Intern info-udveksling	4 %	12 %	6 %	4 %	6 %	2 %
Gr. 20 Ekstern info-udveksling	8 %	4 %	3 %	2 %	3 %	1 %
Gr. 40 Kladder uden IT-anvendelse	6 %	13 %	10 %	5 %	4 %	1 %
Gr. 50 Rentegn./-skrivning uden IT-anv.	3 %	5 %	0 %	0 %	1 %	0 %
Gr. 60 Udarb. af tegn. og øvr. dok. med IT	23 %	19 %	23 %	15 %	21 %	7 %
Gr. 70 Sagsstyring etc.	5 %	8 %	36 %	56 %	12 %	76 %
Gr. 110 Udveksling af digitale data	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Gr. 120 Oversættelse af modt. digitale filer	0 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Gr. 130 Udplotning/-printning	1 %	2 %	1 %	0 %	0 %	0 %
Gr. 140 Tilretning af modt. digitale dok.	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %
Gr. 160 Dokumentationsarbejde	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Gr. 170 Arkivering, papirdokumenter	7 %	3 %	0 %	0 %	1 %	8 %
Gr. 180 Arkivering, digitale dokumenter	3 %	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %
Gr. 210 Reproduktionsarb., udfra papirdok.	1 %	1 %	0 %	0 %	2 %	1 %
Gr. 220 Reproduktionsarb., udfra dig. filer	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Gr. 240 Tilsynsarbejde	0 %	0 %	0 %	0 %	10 %	0 %
Gr. 260 Fejlfinding eller -retning i eget IT	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %
Gr. 270 Venteposition	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Gr. 280 Kørsel/ befodr. i forb. med proj.	1 %	3 %	0 %	1 %	5 %	1 %
Samlet registreret eff. tid i 15 uger [t]	275 t	855 t	232 t	81 t	280 t	91 t

Skema 3.2 Fordeling af registreret tid, når der grupperes i fagområder. Den sidste række angiver den samlede registrerede effektive tid for hvert fagområde. Dette tal er benyttet som referencegrundlag ved beregning af de angivne procenter.

3.6.3 Gruppering på fagplaner

Benyttes i stedet en gruppering ud fra fagplaner, det vil sige de forskellige niveauer i virksomheden som de enkelte medarbejdere kan grupperes i, kan der forventes en anden fordeling af den benyttede tid på de enkelte aktivitetsgrupper. Såfremt der benyttes en gruppering som denne:

1. LEDERE (AL, PL, PM, DL).....5 deltagere (LED)
2. INGENIØRER.....8 deltagere (ING)
3. SEKRETÆRER..... 4 deltagere (SEKR)
4. TEKN. ASSISTENTER.....2 deltagere (TA)

kan resultaterne ses i nedenstående skema 3.3.

Aktivitetsgrupper		LED	ING	SEKR	TA
Gr. 10	Intern info-udveksling	13 %	8 %	3 %	4 %
Gr. 20	Ekstern info-udveksling	7 %	4 %	2 %	1 %
Gr. 40	Kladder uden IT-anvendelse	15 %	11 %	1 %	0 %
Gr. 50	Rentegn./-skrivning uden IT-anvendelse	5 %	0 %	3 %	7 %
Gr. 60	Udarb. af tegn. og øvrige dok. med IT	7 %	19 %	24 %	49 %
Gr. 70	Sagsstyring etc.	9 %	28 %	18 %	10 %
Gr. 110	Udveksling af digitale data	0 %	0 %	0 %	1 %
Gr. 120	Oversættelse af modt. digitale datafiler	0 %	0 %	0 %	5 %
Gr. 130	Udplotning/-printning	0 %	0 %	1 %	6 %
Gr. 140	Tilretning af modt. digitale dokumenter	0 %	0 %	1 %	1 %
Gr. 160	Dokumentationsarbejde	0 %	0 %	0 %	0 %
Gr. 170	Arkivering, papirdokumenter	1 %	2 %	8 %	5 %
Gr. 180	Arkivering, digitale dokumenter	0 %	0 %	4 %	0 %
Gr. 210	Reproduktionsarbejde, udfra papirdok.	1 %	0 %	2 %	1 %
Gr. 220	Reproduktionsarbejde, udfra dig. datafiler	0 %	0 %	0 %	0 %
Gr. 240	Tilsynsarbejde	0 %	1 %	6 %	0 %
Gr. 260	Fejlfinding eller -retning i eget IT	0 %	0 %	1 %	0 %
Gr. 270	Venteposition	0 %	0 %	1 %	1 %
Gr. 280	Kørsel/ bef. i forbindelse med projekt	3 %	3 %	2 %	0 %
Samlet registreret effektiv tid i 15 uger [timer]		618 t	651 t	302 t	243 t

Skema 3.3. Fordeling af registreret tid, når der grupperes i fagplaner. Den sidste række angiver den samlede registrerede effektive tid for hvert fagplan. Dette tal er benyttet som referencegrundlag ved beregning af de angivne procenter.

Også her findes interessante resultater. Se blot de tekniske assistenters høje tidsforbrug af aktivitetsgruppen 60: Udarbejdelse af tegninger og øvrige dokumenter med brug af IT. Næsten halvdelen af deres tid benyttes til en direkte dokumentfremstilling ved computeren uden mellemstadiet "Kladde uden brug af IT" (aktivitetsgruppen 40) som de har en 0-procent brug af ! De øvrige fagplaner, og specielt gruppen "Ledere", har en væsentlig lavere produktion af dokumenter med brug af IT. Kun 7 procent af lederens tid benyttes til dokumentfremstilling med brug af IT. Hele 20 procent af lederens tid benyttes til dokumentfremstilling uden brug af IT. Se yderligere kommentarer i afsnit 3.6.6 "Konklusion".

3.6.4 Aktiviteter med og uden IT-anvendelse

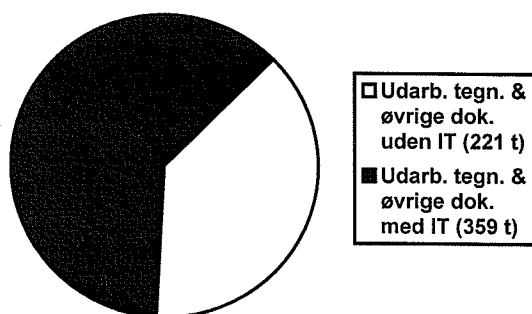
Lad os se lidt nærmere på fordelingen mellem aktiviteter hvori der benyttes IT, i forhold til aktiviteter der ikke inkluderer brug af IT. Der vælges de samme grupperinger af deltagerne som i afsnit 3.6.1, 3.6.2 og 3.6.3, det vil sige i henholdsvis én samlet gruppe, i fagområder og i fagplaner. Aktiviteter med og uden brug af IT, der ønskes sammenlignet, skal naturligvis være sammenlignelige. Der er fundet følgende aktiviteter som er sammenlignelige, idet de er identiske, blot med den forskel, at den ene gruppe af aktiviteter udføres uden brug af IT og den anden gruppe udføres med brug af IT. Grupperne der sammenlignes fremgår af skema 3.4.

Aktivitetsgrupper uden IT-anvendelse	Aktivitetsgrupper med IT-anvendelse
Gr. 40 Kladder uden IT-anvendelse Gr. 50 Rentegn./-skrivn. uden IT-anvendelse	Gr. 60 Udarb. af tegn. og øvrige dok. med IT-anvendelse
Gr. 170 Arkivering, papirdok.	Gr.180 Arkivering, digitale dok.
Gr. 210 Reproduktionsarbejde, ud fra papirdok.	Gr. 220 Reproduktionsarbejde, ud fra digitale datafiler

Skema 3.4 Aktivitetsgrupper med og uden brug af IT. Til sammenligning.

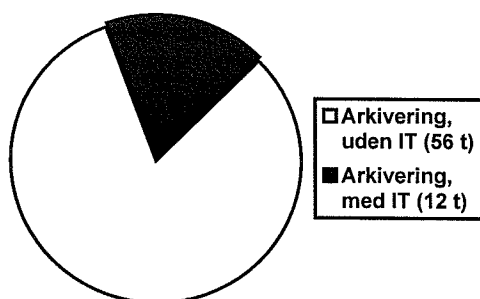
3.6.4.1 Den samlede gruppe

Fordelingen, når det gælder udarbejdelse af tegninger og øvrige dokumenter, henholdsvis med og uden brug af IT, kan ses af figur 3.4. Det er totaltal, i timer, for den samlede deltagergruppe som er angivet i figuren.



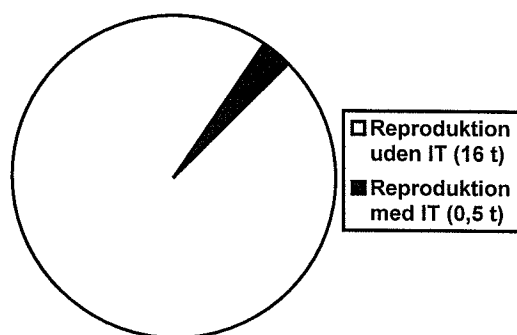
Figur 3.4. Sammenligning af aktivitetsgrupperne, Gr. 40 + Gr. 50 med aktivitetsgruppen, Gr. 60. Det er således en sammenligning af det samlede timetal for alle deltagere der er registreret, for aktiviteter der vedrører udarbejdelse af tegninger og øvrige dokumenter *uden* henholdsvis *med* brug af IT.

Vedrørende arkivering er tilsvarende resultater for den samlede deltagergruppe vist i figur 3.5.



Figur 3.5. Sammenligning af aktivitetsgruppe, Gr. 170 med aktivitetsgruppe, Gr. 180. Det er således en sammenligning af det samlede timetal for alle deltagere der er registreret, for aktiviteter der vedrører arkivering af dokumenter som papirmedie henholdsvis i digital form.

Endelig er sammenligningen for såvidt angår aktivitetsgruppen reproduktionsarbejde vist i figur 3.6.



Figur 3.6. Sammenligning af aktivitetsgruppe, Gr. 210 med aktivitetsgruppe, Gr. 220. Det er således en sammenligning af det samlede timetal for alle deltagere der er registreret, for aktiviteter der vedrører reproduktionsarbejde ud fra papirdokumenter henholdsvis ud fra digitale datafiler.

Det ses af figur 3.4, at der for aktiviteter der vedrører udarbejdelse af tegninger og øvrige dokumenter, sker en fremstilling primært ved brug af IT i forhold til en traditionel fremstilling med papir og pen. For de to andre sammenligningers vedkommende (figur 3.5 og 3.6) er der en klar overvægt af registreret tid på aktiviteterne *uden* brug af IT. Dette kan tolkes som et udtryk for, at der ikke haves tilstrækkelig mulighed for at arkivere og reproducere dokumenter med støtte fra IT *eller* (og vel mere sandsynligt) at det simpelthen tager kortere tid at udføre disse jobs med støtte fra IT. Der henvises til afsnit 3.6.6 "Konklusion" for yderligere kommentarer.

3.6.4.2 Gruppering på fagområder

De i alt 6 fagområders fordeling af forbrugt tid på de enslydende aktivitetsgrupper, henholdsvis uden og med IT-anvendelse, kan ses i skema 3.5.

Aktivitetsgrupper m/u IT-anvendelse	L	K	M	E	B	D&Ø
Gr. 40 + Gr. 50 Tegn./Dok. uden IT	23	155	23	4	15	1
Gr. 60 Tegn./Dok. med IT	62	166	53	12	59	6
Gr. 170 Arkivering uden IT	19	26	0	0	4	7
Gr. 180 Arkivering med IT	9	0	0	0	2	0
Gr. 210 Reproduktionsarbejde uden IT	2	9	0	0	5	1
Gr. 220 Reproduktionsarbejde med IT	0	0	0	0	1	0

Skema 3.5. Forbrugt tid i timer, fordelt på ens aktivitetsgrupper, henholdsvis uden og med IT-anvendelse. Gruppering af deltagerne i fagområder.

Bemærkninger knyttet til figurerne 3.4, 3.5 og 3.6 er gældende her også, men det fremgår af skemaet, at resultaterne for de forskellige fagområder hviler på et inhomogent statistisk grundlag, idet de registrerede tider varierer meget fra fagområde til fagområde.

3.6.4.3 Gruppering på fagplaner

De 4 fagplaners fordeling af forbrugt tid på de enslydende aktivitetsgrupper, henholdsvis uden og med IT-anvendelse, kan ses i skema 3.6.

Aktivitetsgrupper m/u IT-anvendelse	LED	ING	SEKR	TA
Gr. 40 + Gr. 50 Tegn./Dok. uden IT	121	72	11	18
Gr. 60 Tegn./Dok. med IT	45	124	71	119
Gr. 170 Arkivering uden IT	6	15	23	12
Gr. 180 Arkivering med IT	0	0	11	0
Gr. 210 Reproduktionsarbejde uden IT	5	2	5	4
Gr. 220 Reproduktionsarbejde med IT	0	0	1	0

Skema 3.6. Forbrugt tid i timer, fordelt på ens aktivitetsgrupper, henholdsvis uden og med IT-anvendelse. Gruppering af deltagerne i fagplaner.

3.6.5 Projekteffekt faktorer

Dette afsnit præsenterer nogle beregnede *projekteffekt faktorer* som giver en indikation for hvor effektivt en sag kører. Effektiviteten kan til et givet tidspunkt udregnes ud fra en vægtning af de forskellige aktiviteter som deltagere netop udfører til det pågældende tidspunkt. Hver aktivitets tidsforbrug multipliceres med en *effektfaktor* som er et tal mellem 0 og 1. Værdien 0 tildeles aktiviteter der ikke tilfører sagen noget konstruktivt. Det kan for eksempel være en aktivitet der vedrører opretning af en modtaget fil der er leveret i et forkert filformat el. lign. Værdien 1 derimod, påføres aktiviteter som tilfører sagen egentlig værdi. Et eksempel herpå kunne være en aktivitet som "Udarbejdelse af tegninger med brug af IT". Det er virksomhederne som benytter metoden der fastsætter effektfaktorerne. Skema 3.7 viser de af COWI skønnede effektfaktorer for alle aktivitetsgrupperne.

Aktivitetsgruppe	Navn	Effektfaktor
0	Mødedeltagelse	0,6
10	Intern info-udveksling	0,6
20	Ekstern info-udveksling	0,6
30	Videntilegnelse	0,8
40	Kladder uden IT-anvendelse	0,6
50	Rentegning/-skrivning uden IT	0,4
60	Udarb. af dokumenter med IT	1,0
70	Sagsstyring	0,4
80	Timeregistrering	0,1
90	Tilbudsgivning	0,2
100	Aftaler og kontrakter	0,6
110	Udveksling af digitale data	0,4
120	Oversættelse af modt. digi. data	0,2
130	Udplotning/print	0,2
140	Tilretning af modt. Digi. data	0,4
150	Tilretning af modt. Papir dok.	0,4
160	Dokumentationsarbejde	0,6
170	Arkivering, papirdokumenter	0,2
180	Arkivering, digi. data	0,2
190	Oprettelse af projektbibliotek etc.	0,2
200	Fremfindning af erfa. materiale	0,6
210	Reproduktionsarbejde udfra papir	0,2
220	Reproduktionsarbejde udfra digidata	0,2
230	Udsendelse af projektmateriale	0,2
240	Tilsynsarbejde	0,8
250	Bygge-/anlægsregnskab	0,6
260	Fejlfinding eller -retning i eget IT	0,2
270	Venteposition	0
280	Kørsel	0
290	Kvalitetssikring	0,8
300	Sygdom og andet fravær	0
310	Pauser	0
320	Skift mellem projekter	0,1

Skema 3.7. De af COWI skønnede effektfaktorer tilhørende hver aktivitetsgruppe.

Projekteffekt faktoren kan på en given dato beregnes således:

Hver medarbejders tidsforbrug på forskellige aktiviteter den pågældende dag multipliceres med de tilhørende effektfaktorer. Den herved fremkomne værdi for en deltager summeres for alle (eller udvalgte) deltagere. Den fremkomne værdi vægtes i forhold til tidsforbrug uden effektfaktorer

multipliceret. Dette resulterer i en projekteffekt faktor som antager en værdi mellem 0 og 1.

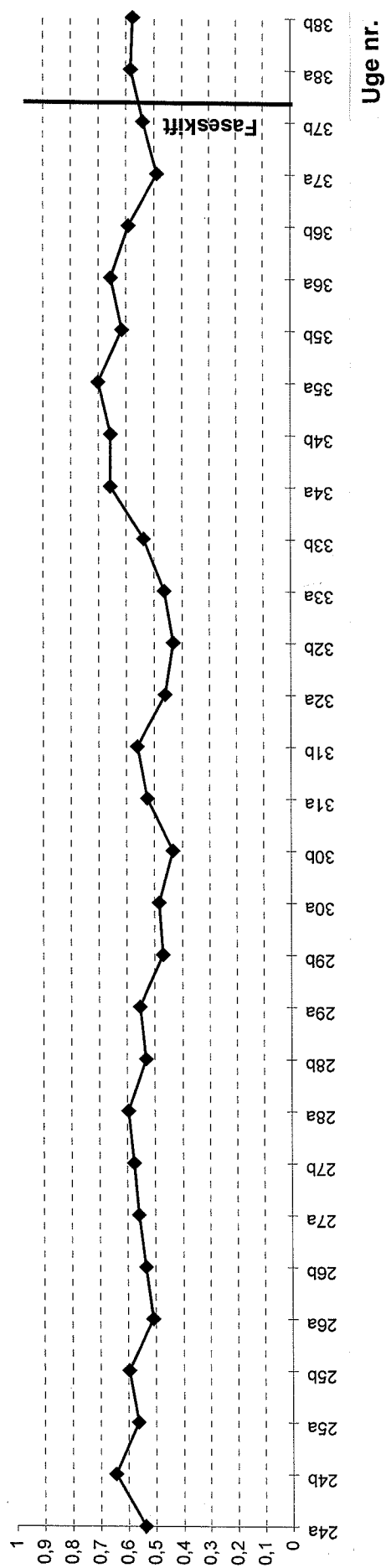
Der er beregnet en ny projekteffekt faktor for hver eneste dag forsøget har kørt. Dette er gjort med tre konstellationer af deltagergruppen, nemlig for *den samlede gruppe*, gruppen opdelt i *fagområder* og gruppen opdelt i *fagplaner*.

Gennem projekteffekt faktorerne gøres det muligt at se, hvorvidt der sker ændringer af effektiviteten gennem projekteringsprocessen. Der kan på forhånd forventes nogle fluktuationer gennem de forskellige projektfaser forårsaget af forskellige forhold. Hvad betyder det eksempelvis når nye informationer modtages i projektgruppen (f.eks. et nyt sæt arkitekttegninger) og hvad sker der med effektiviteten når informationer udebliver? Det kan vel også forventes, at der omkring et faseskift, for eksempel fra dispositionsforslag til projektforslag vil ske en ændring af effektiviteten. Dette set i lyset af den kendsgerning, at der fra én fase til den næste foregår en stor overdragelse af projektinformationer. Denne informationsoverdragelse kan ske mere eller mindre effektivt og med større eller mindre brug af IT. Endvidere sker der traditionelt en vis udskiftning af projektdeltagere fra én fase til den næste. Dette kan yderligere vanskeliggøre/bremse processen.

På den måde projekteffekt faktorerne er beregnet, ud fra aktiviteter med og uden brug af IT, og skønnede effektfaktorer knyttet til de forskellige aktiviteter, kan resultaterne være til nytte for den videre forskning og udvikling af IT-systemer til byggesektoren. Det er således vigtigt under planlægningen af nye integrerede IT-systemer at vide, hvorledes den typiske medarbejdersammensætning er i et projekteringsforløb og se i hvilket omfang de forskellige aktiviteter allerede klares med IT. Projekteffekt faktorerne kan endvidere være interessante i forbindelse med at forbedre/rationalisere et projekteringsforløb internt i virksomheden.

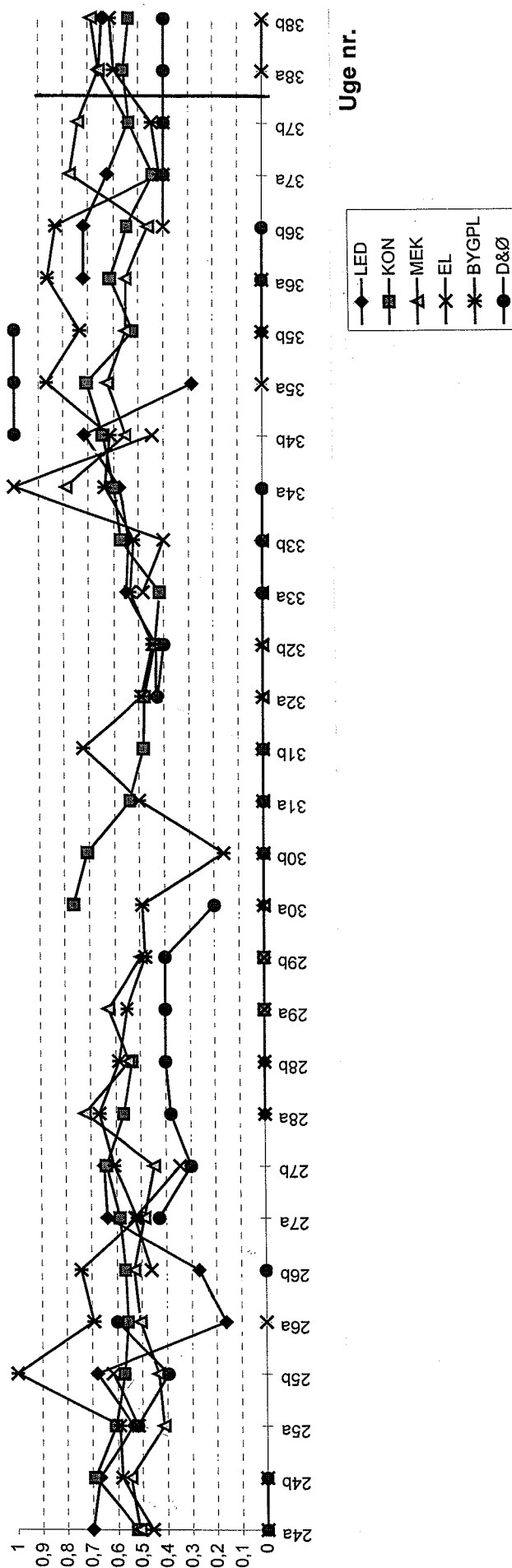
De beregnede projekteffekt faktorer er gengivet i figur 3.7, 3.8 og 3.9, på tre følgende sider.

Projektteffekt faktor, samlet gruppe

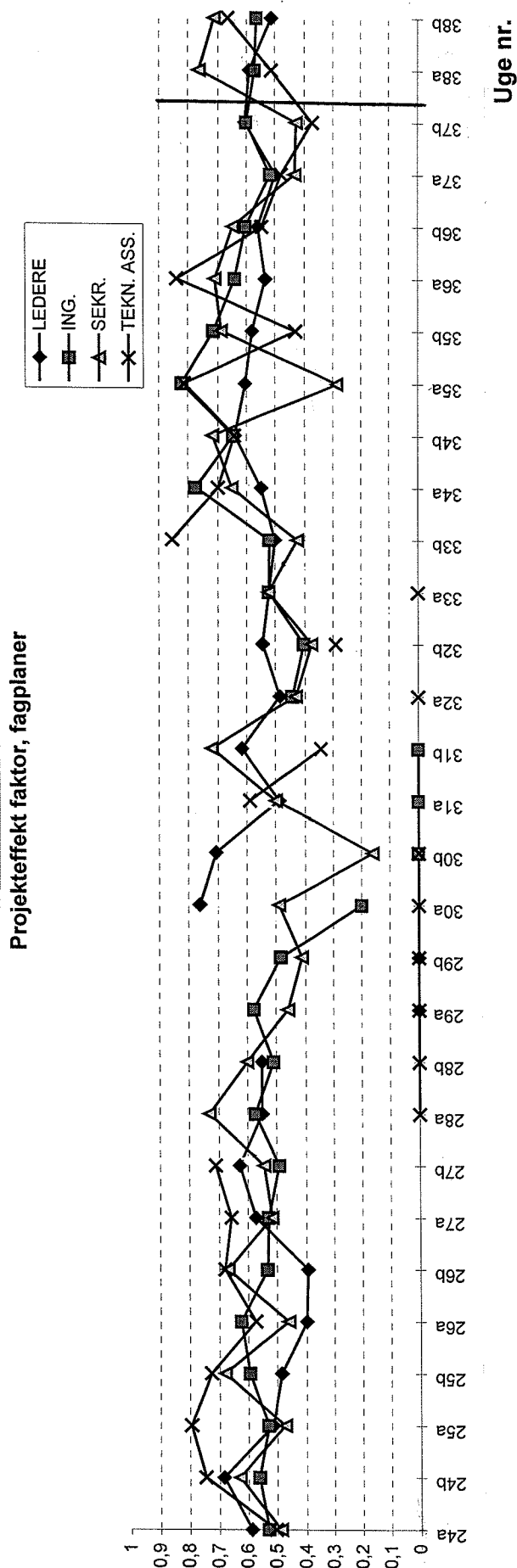


Figur 3.7. Projektteffekt faktor for den samlede deltagergruppe. Bemærk faseskiftet mellem uge 37b og 38a. Her skifter delprojektgruppen DP2 projektfase fra rev. dispositionsforslag til projektforslag. Ugenumre er påført som 24a, 24b, 25a etc. som angiver ugenumre i 1996 med hver to registreringsdage symboliseret ved a og b.

Projektteffekt faktor, fagområder



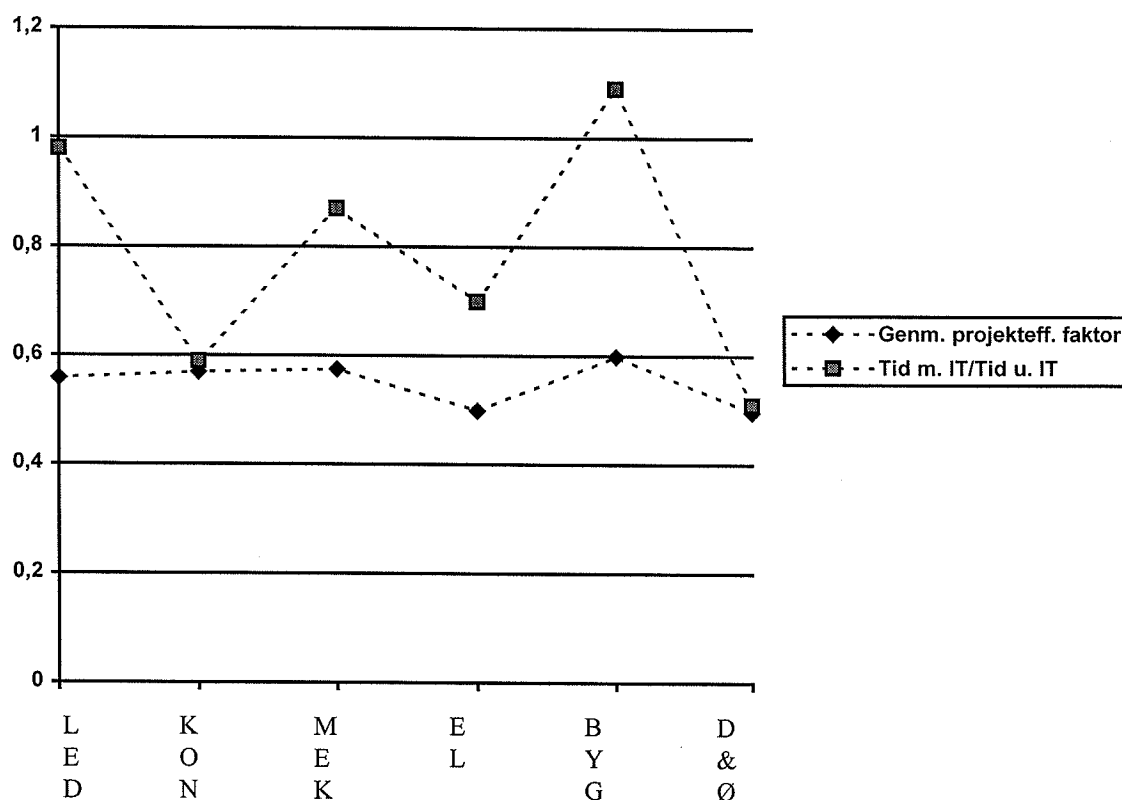
Figur 3.8. Projektteffekt faktor opdelt på fagområder. Ugenumre er påført som 24a, 24b, 25a etc. som angiver ugenumre i 1996 med hver to registreringsdage symboliseret ved a og b.



Figur 3.9. Projekteffekt faktor opdelt på fagplaner. Ugenumre er påført som 24a, 24b, 25a etc. som angiver ugenumre i 1996 med hver to registreringsdage symboliseret ved a og b.

Figur 3.7 udviser projekteffekt faktorer for den samlede gruppe under et. Det ses, at projektforsløbets effektivitet fluktuerer gennem registreringsperioden. Minimumværdier ligger på ca. 0,4 og maksimumværdier på 0,7. En forskel på ikke mindre end 75 procent hvis minimumværdien vælges som referencegrundlag. Projektets effektivitet er altså langt fra jævnt og statisk, men et forløb der er genstand for beslutningers, informationsflowets og tidsterminers indvirken. Alt sammen forhold der influerer på projekterings effektivitet. Ved faseskiftet mellem uge 37b og 38a findes dog ikke noget (forventet) udsving i projekteffekt faktoren; måske kan dette skyldes, at det kun er det ene delprojekt (DP2) som her skifter projektfase. Betragtes figurerne 3.8 og 3.9, findes i områder et vist omfang af næsten sammenfaldne kurver. Dette indikerer et omfang af indbyrdes interaktion mellem de enkelte faggruppers effektivitet. Dette kommenteres yderligere i afsnit 3.6.6 "Konklusion".

På baggrund af de data der ligger til grund for figurerne 3.7, 3.8 og 3.9, kan en *gennemsnits* projekteffekt faktor beregnes for hver hovedgruppe af medarbejdere. Endvidere kan der beregnes et forholdstal mellem "registreret tid med brug af IT" og "registreret tid uden brug af IT". Afbildes de beregnede gennemsnits projekteffekt faktorer sammen med de beregnede forholdstal fremkommer følgende billede vist på figur 3.10.



Figur 3.10. Gennemsnits projekteffekt faktor afbildet sammen med et beregnet forholdstal mellem “registreret tid med brug af IT” i forhold til “registreret tid uden brug af IT”.

De to kurveforløb har i et vist omfang et ensartet udseende omend med en kvantitativ forskydning mellem værdier. Kurven indikerer således tilstedeværelsen af sammenhængen:

“Øget brug af IT giver en øget projekteffekt faktor”

Et resultat der ikke er overraskende set i lyset af de effektfaktorer der er tildelt de enkelte aktivitetsgrupper, se skema 3.7. Der er dog en klar afvigelse fra sammenhængen når det gælder fagområdet Ledelse (se figur 3.10). Der er for gruppen indikeret stor anvendelse af IT, men projekteffekt faktoren er ikke tilsvarende høj. En årsagsforklaring til dette kunne være, at ledelsesgruppen benytter sig relativt meget af aktivitetsgrupper uden IT-anvendelse behæftede med ret lave effektfaktorer. Eksempelvis grupperne 0 (Mødedeltagelse), 40, 50 (Kladder og rentegning), 170 (Arkivering af papirdok.) og 280 (Kørsel). Alle er aktiviteter med effektfaktorer mellem 0 og 0,6. Det vil sige, på trods af et højt tidsforbrug *med* IT trækker den

forbrugte tid *uden* IT-anvendelse forholdsvis meget ned i det samlede regnskab.

Også her henvises til konklusionen, næste afsnit, for yderligere bemærkninger.

3.6.6 Konklusion

Resultatpræsentationen fra registreringen af forsøgsprojektet, udviser en række resultater omkring hvilke aktiviteter der har været mest fremherskende gennem projektforløbet. Tilsvarende er vist resultater for hvorledes fordelingen af forbrugt tid har været på aktiviteter med og uden brug af IT. Endelig er der beregnet en *projekteffekt faktor* som angiver hvor effektivt projektforløbet har været.

Det skal pointeres, at de viste resultater ikke kan betragtes som eksakte størrelser og som karakteristiske for projekteringsforløb generelt. Til dette kræves der udført flere lignende forsøg. Et fingerpeg om fordelingen af tid på forskellige aktiviteter kan resultaterne dog give.

Resultaterne er gennemgående vist for den samlede gruppe som helhed, det vil sige alle 19 deltagere under et og for deltagerne grupperet på henholdsvis fagområder og fagplaner. Konklusioner er opdelt i tre delkonklusioner som vedrører henholdsvis:

Delkonklusion 1: Fordelingen af aktiviteter og tilhørende tidsforbrug.

Delkonklusion 2: Forbrugt tid til aktiviteter henholdsvis *med* og *uden* IT-anvendelse.

Delkonklusion 3: Projektets effektivitet baseret på beregnede projekteffekt faktorer.

Delkonklusion 1:

Der er registreret et overvejende forbrug af tid på aktivitetsgruppen 60: "Udarbejdelse af tegninger og øvrige dokumenter med brug af IT". Denne tendens er generel for alle fagområder og alle fagplaner og andrager gennemsnitligt ca. 20 procent af al registreret tid. Dog med en noget ringere tendens for fagområdet "Drift og Økonomi" med kun 7 procent samt for fagplanet "Ledelse" også med 7 procent af al deres registrerede tid. Om-

vendt benytter tekniske assistenter sig særligt meget af IT til dokumentfremstilling. Næsten halvdelen af deres tid benyttes hertil og uden mellemstadiet "Kladder uden IT-anvendelse" (Gr 40). Da aktivitetsgruppen 60 er tildelt en effektfaktor på 1,0 (d.v.s. max-værdi) kunne det se ud til, at grupperne "Drift og Økonomi" samt "Ledelse" bør øge brugen af IT til egentlig dokumentfremstilling. Dette skal naturligvis ses i lyset af behovet for fremstilling af dokumenter (og dokumenttyper) i disse to grupper. For gruppen "Ledelse" er behovet der tilsyneladende, da i alt 27 procent af al deres registrerede tid er benyttet til dokumentfremstilling og altså kun de 7 procent er udført med IT-støtte. En anden markant tidssluger er aktivitetsgruppen 70: "Sagsstyring" med ca. 18 procent af al registreret tid. Gruppen har fået tildelt en effektfaktor på kun 0,4 så forbruget heraf bør reduceres. Her ligger fagområdet "Ledelse" til gengæld pænt med et minimalt forbrug på kun 5 procent af deres tid til sagsstyring. Konstruktionsafdelingen ligger også lavt med 8 procent af deres registrerede tid på sagsstyring. Modsat ligger elafdelingen meget højt her med 56 procent af den registrerede tid brugt på sagsstyring ! Området "Drift og Økonomi" er registreret med hele 76 procent af deres tid på sagsstyring. Denne aktivitet ligger også naturligt under dette fagområde. Aktiviteterne 10 og 20, det vil sige intern og ekstern informationsudveksling andrager tilsammen ca. 12,5 procent af al registreret tid. Med en tildelt effektfaktor på 0,6 for disse aktiviteter synes der ikke umiddelbart at være behov for at øge eller reducere disse aktiviteter tidsforbrug.

Delkonklusion 2:

Der gives gennem resultaterne, en indikation for, hvorledes fordelingen af udvalgte aktiviteter er, henholdsvis med og uden brug af IT. Totalt set er der registreret mere tid *uden* brug af IT end med. Der er dog registreret en overvægt af tid *med* brug af IT når det gælder fremstilling af dokumenter (tegninger, beskrivelse, referater, beregninger etc.). Dette er samtidig en aktivitet som vægter meget i den samlede forbrugte tid, så resultatet heraf er ikke uvæsentligt i det samlede regnskab. Aktiviteten er nemlig påført en effektfaktor på 1,0. Det halter mere når det gælder aktiviteter som arkivering af projektdokumenter, reproduktionsarbejde og ekstern informationsudveksling. Her er der registreret en klar overvægt af forbrugt tid uden brug af IT i forhold til tid med IT-anvendelse. Aktiviteterne her vægtes med forholdsvis lave effektfaktorer fra 0,2 til 0,6. Så en reduktion af tidsforbruget *uden* brug af IT for disse aktiviteter må generelt tilstræbes.

Delkonklusion 3:

Endelig er der præsenteret resultater for en beregnet *projekteffekt faktor* som er en størrelse for hvor effektivt en sag har kørt igennem et udvalgt tidsforløb. Projekteffekt faktoren kan antage værdier mellem 0 og 1, hvor værdien 1 til et givet tidspunkt angiver, at sagen kører helt optimalt. Værdien 0 angiver det modsatte, nemlig en total ueffektivitet.

Resultaterne vedrørende projekteffekt faktorer udviser en tilsyneladende sammenhæng indbydes mellem de enkelte faggrupper og tilsvarende mellem fagplaner. Det tyder således på, at de enkelte gruppers effektivitet (og ueffektivitet) har en "afsmittende" virkning på de øvrige grupper. Dette resulterer i et nogenlunde ensartet effektivitetsforløb for alle grupperne (se f.eks. figur 3.9). Fænomenet har formentlig sin årsag i, at alle faggrupper og fagplaner omtrent samtidigt får adgang til nye oplysninger etc. som resulterer i en fælles øget (eller fælles reduceret) effektivitet. Hvis der for eksempel på et givet tidspunkt er omdelt et nyt sæt arkitekttegninger, så starter flere afdelinger samtidigt med at projekttere videre udfra disse. Flere medarbejdere vil i en tid derefter typisk benytte de samme aktiviteter her til. Dette resulterer i en tendens til, at projekteffekt faktorerne for de forskellige fagområder får et kvalitativt ensartet forløb. Et andet eksempel kunne være, at alle deltagere i forsøget har haft samme projekterings tidsplan. Der har således været et fælles ønske om, at udføre arbejdet inden en given tidstermin, resulterende i et fælles arbejdsmonster, fælles aktiviteter og dermed projekteffekt faktorer "der mødes".

Resultaterne udviser (se bl.a. figur 3.10) en tendens til, at øget brug af IT giver øget projekteffekt faktor. Dette understøttes naturligvis også af de tildelede effektfaktorer for aktivitetsgrupperne. På baggrund af den tilsyneladende sammenhæng må det derfor tilstræbes, at der sker en øget brug af IT under projekteringen. Det er klart, at der også er registreret aktiviteter hvor IT-anvendelse trækker ned i det samlede effektivitetsregnskab. Et eksempel herpå er aktivitetsgrupperne 120: "Oversættelse af modtagne digitale data" og 260: "Fejlfinding eller retning i eget IT". Begge disse typer af aktiviteter er i sagens natur ikke særlig befordrende for projekteringsforløbet. Begge aktiviteter er da også tilegnet effektfaktorer på 0,2. Det samlede registrerede tidsforbrug af disse to aktiviteter ligger i størrelsesordenen 1 procent af den samlede registrerede tid, og aktiviteters tilstedeværelse trækker således kun minimalt ned på projekteffekt faktoren. Det negative

bidrag disse to aktiviteter (og et par andre) giver er der taget højde for i resultatfremstillingen. Nettoresultatet bliver altså, at der er en tendens til at øget brug af IT giver en øget effektivitet.

COWI's projekteffekt faktorer ligger på denne sag på ca. 0,55 beregnet som en gennemsnitsværdi for den samlede gruppe. De enkelte *fagområder* svinger mellem værdier fra ca. 0,50 til 0,60 (se figur 3.10). De laveste værdier har fagområderne "Drift og Økonomi" samt "Elafdelingen", begge med projekteffekt faktorer lige under 0,5. Den højeste projekteffekt faktor findes hos fagområdet "Byggeplads" med værdien ca. 0,6. På andenpladsen ligger fagområdet "Mekanik" med en faktor på knap 0,58 efterfulgt af områderne "Konstruktion" med værdien 0,57 og "Ledelse" med en værdi på knap 0,56.

Når fagplaner betragtes, ligger værdierne mere samlet, fra 0,55 til 0,59. Her er det sekretærerne der ligger i bund med en faktor på knap 0,55 og de tekniske assistenter topper med en faktor på knap 0,59. Ledere og ingeniører ligger i mellem disse værdier. Det er klart, at målet må være at komme så tæt på en projekteffekt faktor 1,0 som muligt. Et resultat der eventuelt kan arbejdes imod ved:

- Øget brug af IT (benyt IT hvor muligt, evt. er yderligere IT-investeringer nødvendige for at dække aktiviteter der p.t. ikke er IT-støttede).
- Fagområdet "Drift og Økonomi" samt fagplanet "Ledelse" bør øge brugen af IT ved dokumentfremstilling.
- Bedre brug af IT (*alle* faggrupper bør forsøge at benytte den i huset værende IT på en mere hensigtsmæssig måde. Reducer behovet for at rette i digitale filer etc., benyt i højere grad IT ved intern og ekstern informationsudveksling)
- Specielt elafdelingen bør reducere forbruget af tid på sagsstyring.
- Reducer tidsforbruget på aktiviteterne "arkivering" og "reproduktionsarbejde". Tilsammen udgør den registrerede forbrugte tid ca. 5 procent for disse aktiviteter. Et ændret brug af IT (behold dokumenter på skærmen i stedet for at printe/plotte ud, benyt i højere grad computere/digitale lagringsmedier til projektarkivering etc.) kan reducere forbruget af tid på disse aktiviteter.

Det skal pointeres, at der generelt ikke er nogen garanti for at *alle* aktiviteter kan udføres hurtigere med brug af IT end uden. Der er i dette forsøg kun vurderet/konkluderet på de forskellige aktiviteters registrerede tidsforbrug og vægtet med de af COWI påførte effektfaktorer.

Kapitel 4. Informationsmodellering og centrale informationssystemer

I dette kapitel gives en introduktion til nogle centrale informationssystemer som man ofte forbinder med området dataudveksling og -integration i byggesektoren. Introduktionen gives som baggrund for de følgende par kapitler, hvor systemerne omtales i forbindelse med udviklingen i den internationale forskning samt tiltag/indsatser i danske projekter indenfor området.

I nærværende kapitel introduceres følgende systemer:

- Produktmodelbaserede systemer
- Kunstig intelligente systemer
- Integrerede systemer

Det primære formål med at etablere disse systemer er, når de anvendes i byggebranchen, at støtte sektorens parter i dataudvekslings- og integrationsopgaver. Björk [1993] angiver således følgende:

Den grundlæggende problemstilling [Björk, 1993]

“Der skal findes tekniske løsninger så man, i digital form, kan strukturere information om et bygværk, der ønskes opført. Løsningerne skal sikre, at de forskellige personer der, i et samarbejde, søger at realisere bygværket i størst muligt omfang, kan få adgang til og genanvende hinandens informationer.”

Udvikling af sådanne tekniske løsninger, i form af nye informationssystemer, indebærer normalt noget informationsmodellering, et centralt begreb inden for området systemanalyse. Informationsmodellering beskrives i følgende afsnit. I afsnittene 4.2, 4.3 og 4.4 præsenteres derefter de tre nævnte systemtyper.

4.1 Informationsmodellering, eksemplificeret

4.1.1 Indledning

Informationsmodellering kan som nævnt benyttes som grundlag for udvikling af informationssystemer. Målet med informationsmodellering er i første omgang at få opstillet en informationsmodel. En informationsmodel er en logisk model af den virkelighed som informationssystemet skal kunne håndtere. En informationsmodel benævnes af og til som en begrebsmodel. Som hjælp til at lave en informationsmodel, kan man benytte sig af *systemanalyse*. I dette kapitel eksemplificeres begrebet informationsmodellering ved at opstille en objektmodel (som er en informationsmodel) ved hjælp af et par systemanalyseværktøjer benævnt *Information Engineering Methods* (IEM) og *Object Oriented Method* (OOM)

IEM er en hierarkisk metode til at fraktionere en opgave med. OOM er en metode der kan bruges til at relatere *objekter* logisk til hinanden. Med objekt forstås her en samling af *data* for et element eller en aktivitet med tilhørende *funktioner* der benytter disse data. Et eksempel på et objekt kan være data og funktioner der vedrører geometri, montering og vedligeholdelse af en dør.

4.1.2 Informationssystem

Inden en informationsmodel laves bør der først udføres en række *foranalyser* og *kravspecificeringer* for det informationssystem som er under udvikling. Her fokuseres dog på den efterfølgende proces som fører frem til en informationsmodel. Som nævnt kan systemanalyseværktøjerne IEM og OOM benyttes hertil. Disse værktøjer kræver lidt nærmere introduktion.

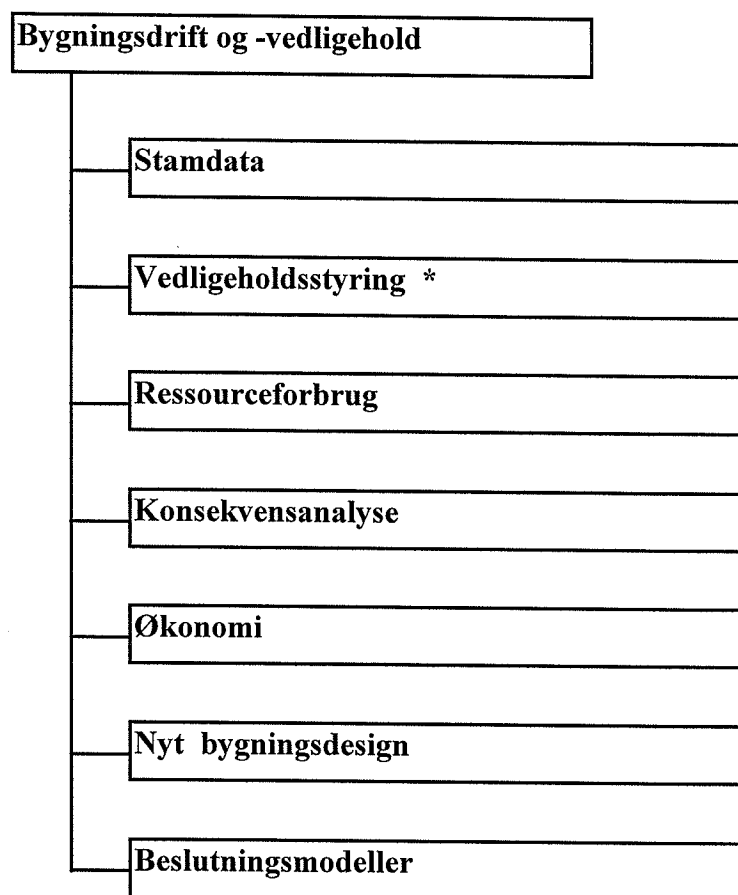
Information Engineering Method (IEM) indbefatter en hierarkisk aktivitetsoptdeling der kører efter et såkaldt *Top down* princip til dechifrering af opgaven. Ved denne metode beskrives/struktureres først de overordnede formål/ funktioner som det endelige system skal indeholde (f.eks. planlægning, budgettering etc.). Disse angives som et *højniveau-aktivitets* hierarki som herefter underopdeles i (logiske) underaktiviteter, det vil sige til lavere aktivitetsniveauer. Heraf betegnelsen *Top down*.

Efter endt *Information Engineering* -arbejde resulterende i dekomponerede aktiviteter, kan *Object Oriented Method* benyttes til, som navnet antyder, at lave en objektmodel (OM). Heri fastlægges indbyrdes relationer mellem objekterne, samt de funktioner der udføres på dem. Med etableringen af den overordnede logiske informationsmodel sikres det, at hele systemet opretholder konsistente data før og efter en hvilken som helst transaktion. I øvrigt sikres det, at systemet efterfølgende let kan implementeres til andre programmeringssprog end det først valgte.

4.1.2.1 Information Engineering Method (IEM), et eksempel

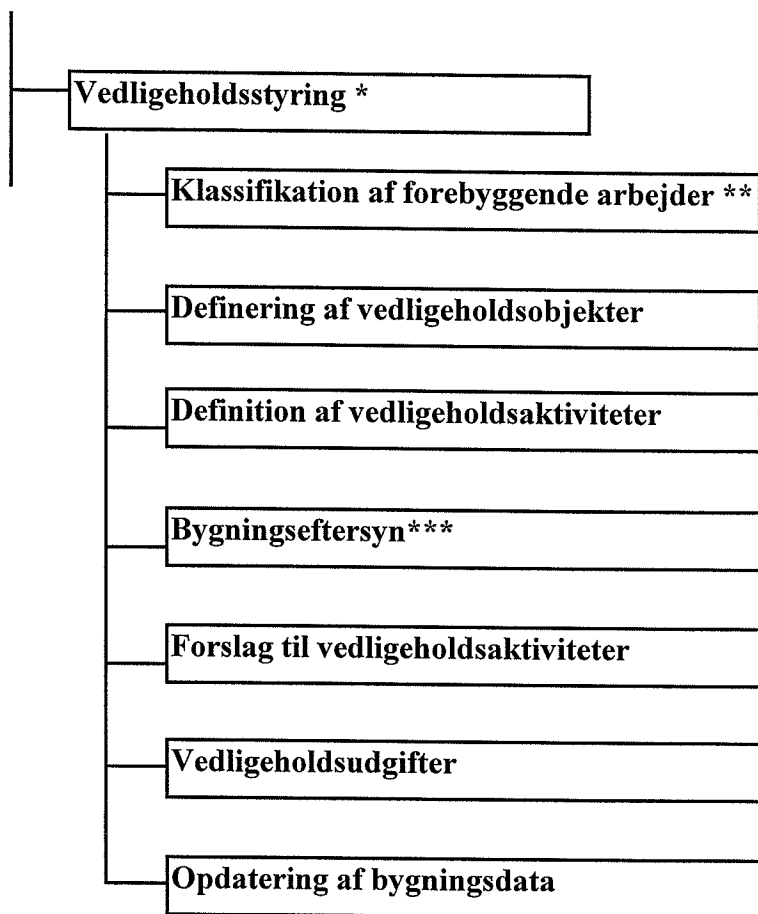
Information Engineering Method er som nævnt en hierarkisk aktivitetsopdeling der kører efter et *Top down* princip. Der benyttes en teknik hvor man modellerer informationssystemets nødvendige aktiviteter og funktioner til et detaljeret informationsniveau som er tilstrækkeligt for at systemet opfylder sit mål. Dette gøres ved, at dekomponere funktionskravene og højniveau-aktiviteterne i systemet ned til et detaljeret niveau som sikrer, at en efterfølgende OOM kan resultere i en egentlig objektmodel.

Figur 4.1 viser et udarbejdet eksempel på en sådan aktivitetsopdeling for et informationssystem til brug for drift og vedligeholdelse af bygninger. Det er det øverste aktivitetsniveau som er vist i figuren.



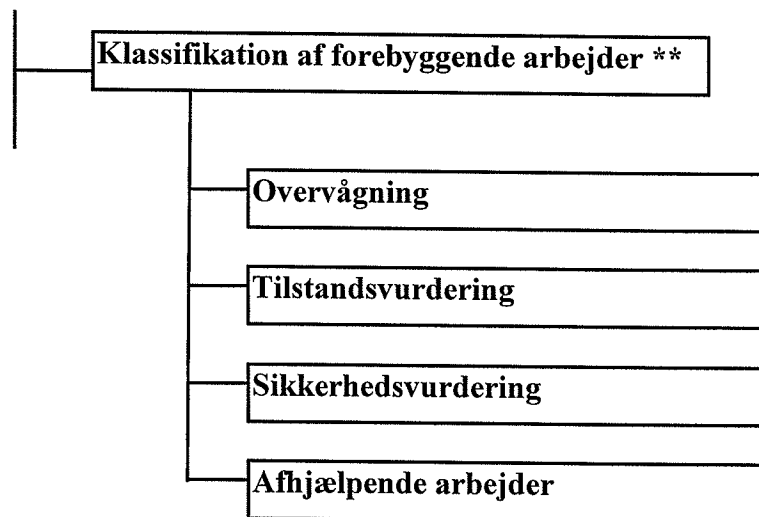
Figur 4.1. Forslag til højniveau aktivitetshierarki for et d&v-informationssystem

De enkelte aktiviteter blandt de i figuren viste højniveau-aktiviteter underopdeles herefter til lavere aktivitetsniveauer. Et eksempel herpå er givet for højniveau-aktiviteten 'Vedligeholdsstyring'. Se figur 4.2.



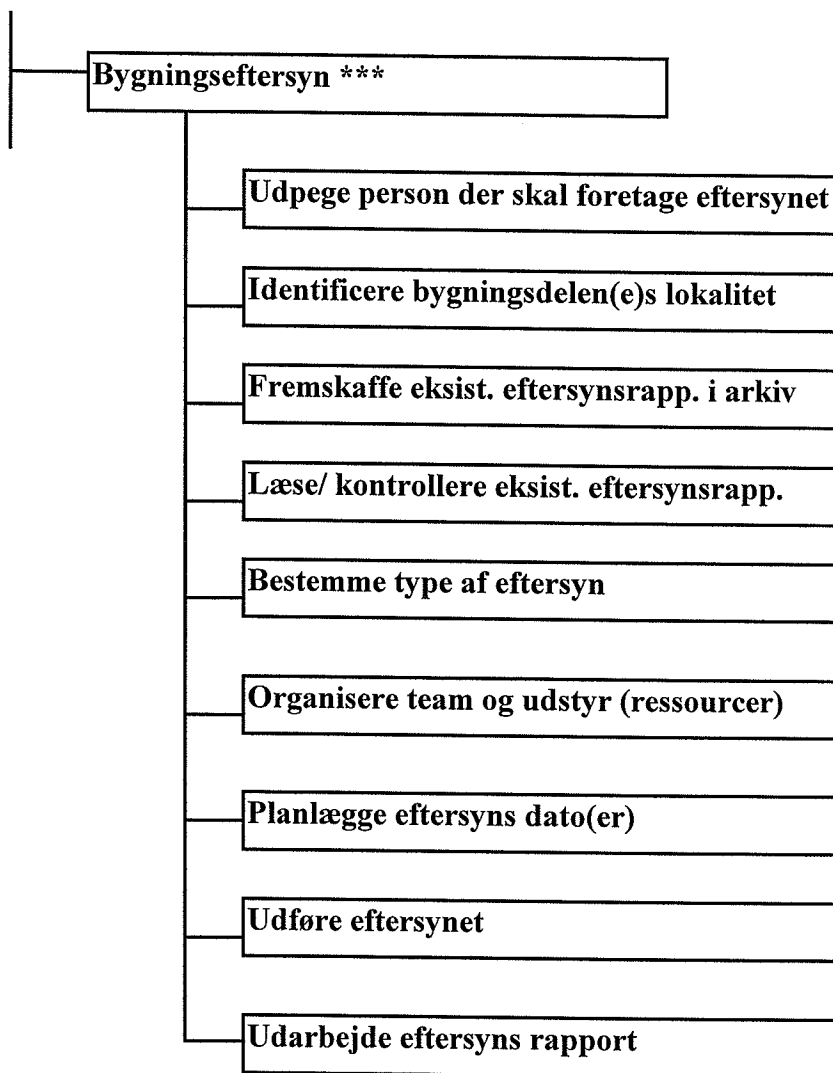
Figur 4.2. Forslag til et lavere aktivitetsniveau hierarki for en udvalgt højaktivitet.

De i figuren viste lavere aktivitetsniveauer kan hver især igen underopdeles til endnu lavere aktivitetsniveauer, indtil det krævede detaljeringsniveau er nået som opfylder betingelse om, at der kan laves en egentlig objektmodellering. Der er for eksemplets skyld vist underliggende aktivitetsniveauer for aktiviteterne 'Klassifikation af forebyggende arbejder' (figur 4.3) og for 'Bygningseftersyn' (figur 4.4) på følgende par sider.



Figur 4.3. Et lavniveau aktivitetshierarki for en udvalgt aktivitet

På figur 4.4 er vist opdelingen af aktiviteten 'Bygningseftersyn'. Denne aktivitetsopdeling vil der efterfølgende blive arbejdet videre med som et eksempel på egentlig objektmodellering.



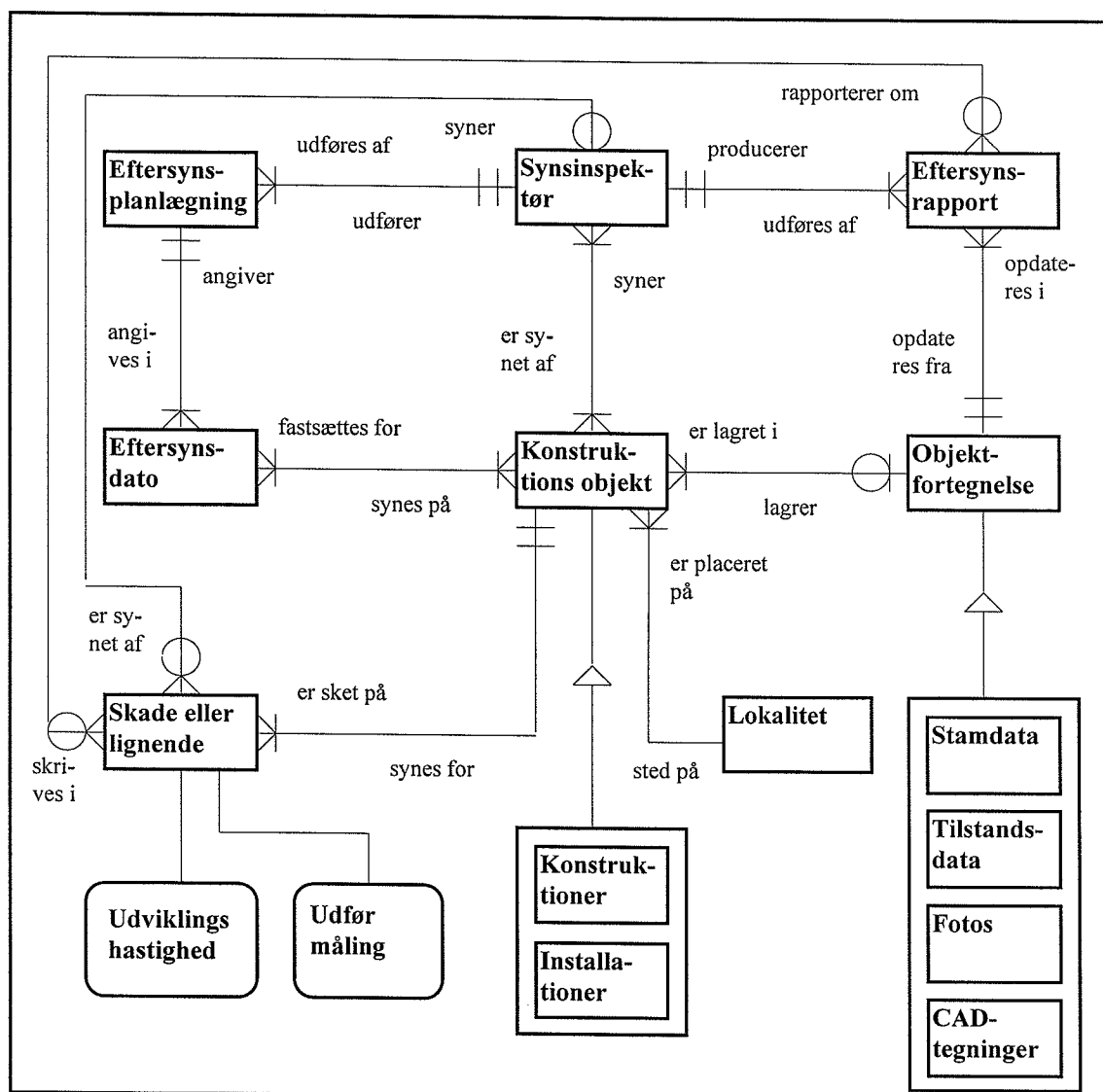
Figur 4.4. Et lavniveau aktivitetshierarki for en udvalgt aktivitet.

I næste afsnit er vist et eksempel på en udviklet objektmodel gældende for en del af det samlede informationssystem, nemlig den del der omfatter “Bygningseftersyn” som udgør en del af højniveau aktiviteten “Vedligeholdsstyring”

4.1.2.2 Object Oriented Method

I nærværende afsnit beskrives indholdet i en objektorienteret metode, OOM, til etablering af en mindre objektmodel for en del af et informationssystem der tænkes under udvikling.

Som eksempel er der taget udgangspunkt i aktiviteten 'Bygningseftersyn'. Objektmodellen (delmodellen) er vist nedenfor, som figur 4.5.

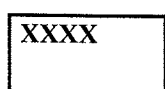


Figur 4.5. En objektmodel for aktiviteten 'Bygningseftersyn'.

Den viste objektmodel udgør en informationsmodel for en *del* af informationssystemet. En objektmodel integrerer funktioner og data i samme model. Dette er i modsætning til eksempelvis IDEF-metoderne hvor der først skal opstilles en funktionsmodel (en IDEF0-model) før en informationsmodel (en IDEF1-model) kan opstilles. Funktionsmodellen definerer hvilke funktioner eller aktiviteter der eksisterer i det modellerede system samt deres indbyrdes sammenhænge. Endvidere defineres hvilke informationer og typer af information der skal være til stede, for at funktionerne kan ud-

føres. Informationsmodellen afbilder den informationsstruktur der kræves for at understøtte funktionerne beskrevet i funktionsmodellen. For yderligere information om systemanalyse henvises til Karlshøj [1994] som er en Ph.D.-afhandling der netop fokuserer på systemanalyseværktøjer til opstilling af modeller til byggetekniske anvendelse.

Den i objektmodellen anvendte symbolik er som følger:



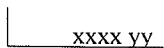
Objekttyper som beskriver begreber



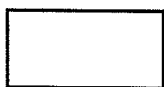
Operationer der kan udføres på eller af en objekttype



Linier der forbinder objekttyper repræsenterer relationer mellem objekttyper (i begge retninger)



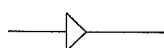
Et relationsforhold mellem to objekttyper går fra én objekttype til en anden med den *association* der er påført venstresiden af liniens retning



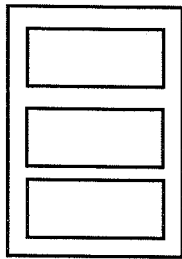
Den notation som er vist på linierne umiddelbart ved siden af objekttyperne, repræsenterer de vigtigste bindinger der er mellem de aktuelle objekter. Ved notationen angives henholdsvis det mindste og største antal objekter som må indgå i en relation. Hvert relationsforhold bliver forsynet med enten en binding repræsenteret ved en enkelt streg eller ved flere bindinger repræsenteret ved en "hanefod".



Tilfældet "nogle gange" skrives med en lille cirkel. Tilfældet "altid" noteres med en enkelt streg. Vises der således to små streger betyder dette, at der er én vigtig binding fra ét objekt til et andet og bindingen gælder altid. Bindinger benævnes ofte som *constraints*.



En pil angiver et generaliserings/specialiserings hierarki.



Et rektangel som omkranser nogle andre rektangler angiver en samlet *mængde* af én type af objekter. I den samlede mængde, også kaldet en objektklasse, er vist alle de deltyper af objekter som indgår i den overordnede objektklasse

4.1.3 Afsluttende bemærkning

I nærværende afsnit er vist et eksempel på en del af det planlægningsarbejde der bør udføres i forbindelse med udvikling af et nyt informationssystem. Som eksempel er valgt et informationssystem til støtte af drift og vedligeholdelse af bygninger. Der er i den forbindelse foreslået og beskrevet metoderne Information Engineering- og Object Oriented Methods, benævnt henholdsvis *IEM* og *OOM* som værktøjer der kan benyttes til at opstille informationsmodeller med. Informationsmodeller som er ideelle når et nyt informationssystem skal opbygges.

IEM og *OOM* er begge såkaldte *systemanalyse* værktøjer.

Når et antal objektmodeller (dvs. informationsmodeller) er udviklet, haves et godt grundlag for at komme videre i udviklingen af informationssystemet. Der skal naturligvis i sidste ende udføres noget programkodning i et valgt programmeringssprog, eksempelvis C++. C++ er et objektorienteret programmeringssprog, og kunne være et fornuftigt valg når der ligger en objektbaseret informationsmodel til grund. Der bør dog være et mellemled mellem objektmodellen og selve kodningsarbejdet. Her kunne EXPRESS-sproget være en mulighed. EXPRESS er et formelt datadefinitionssprog som er mere rettet mod computere end objektmodellen er. EXPRESS-sproget bygger også på objekter som de centrale "byggesten". Objekter benævnes dog som *entiteter* i EXPRESS-sproget. Der kan med EXPRESS-sproget udvikles nogle EXPRESS-skemaer, enten i tekstform eller i grafisk udgave (EXPRESS-G). På baggrund af disse EXPRESS-skemaer kan den egentlige programkodning udføres. Der skal ikke her gås i dybden med EXPRESS-sproget eller programkodningen.

4.2 Produktmodelbaserede systemer

I forrige afsnit blev givet en beskrivelse af informationsmodellering ud fra et eksempel. Der kan opstilles informationsmodeller til bygningsspecifikke anvendelser, hvor man forsøger at integrere en række forskellige fagområders (domæners) informationer logisk til hinanden og lægge denne logiske model ind i et informationssystem. Forestiller man sig eksempelvis, at en arkitekts plantegning relateres logisk til eksempelvis en VVS-ingeniørs radiatorplan gennem en informationsmodel, ja så kan det f.eks. sikres, at VVS-ingeniøren får besked (via systemet) hvis arkitekten flytter et vindue. Systemet kan laves, så det *automatisk* flytter VVS-ingeniørens radiator i henhold til vinduets nye placering. Forestiller man sig endvidere, at en sådan bygningsspecifik informationsmodel, der kobler flere domæner logisk sammen, også kan håndtere informationer i et byggeris *forskellige faser*, jvf. kapitel 3, og dermed kan klare forskellige detaljeringskrav, så betegner man ofte modellen som en *produktmodel*.

4.2.1 Hvad er en produktmodel ?

En produktmodel kan defineres som:

Definition [Karlshøj, 1994]

“En logisk modelstruktur for informationer og funktioner, som beskriver et produkt i hele dets levetid i en fleksibel struktur, der tillader brug af flere abstraktionsniveauer. Produktet kan enten være et fysisk eller et fiktivt produkt.”

Her er emnet produktmodeller til byggeri, og “produkt” kan således være en bygning eller en bro el. lign. De informationer der repræsenterer et aktuelt produkt, ved brug af produktmodeller skal:

- Lagres i overensstemmelse med den logiske modelstruktur.
- Skal kunne redigeres (i flere faser, og på flere abstraktionsniveauer)
- Skal kunne bevares
- Skal kunne udveksles

Adgang til produktmodellen (redigering, udveksling etc.) sker gennem et informationssystem. Her lagres produktmodelstrukturen gennem programkodning. Et *Data Management System (DMS)* kontrollerer og styrer adgang til lagring og redigering af produktmodeldataene. Dette skal ske i overensstemmelse med produktmodellens indbyggede regler og betingelser.

Dette informationssystem benævnes til tider, se Galle [1995], for et CMB (*Computer Modeling of Buildings*). Denne betegnelse benyttes også her. Det er, udover ovennævnte basale krav, endvidere *ønskeligt* at CMB-systemet besidder følgende egenskaber

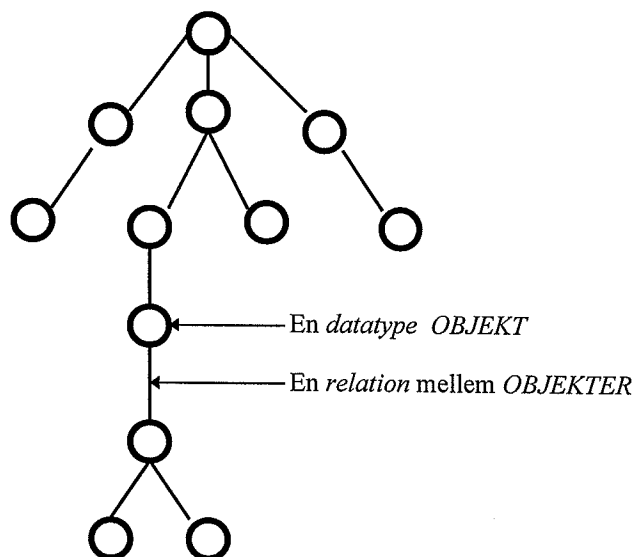
- Det skal være åbent for ændringer i produktmodellens datastruktur og samtidig sikre, at dataene forbliver konsistente.
- Det skal yde brugeren videnbaseret støtte under projekteringsprocessen (og øvrige processer), altså udvise en grad af intelligens.
- Skal kunne give løsningsforslag der er i overensstemmelse med gælden lovgivning.
- Brugeren skal, interaktivt, kunne redigere elementer jvf. designregler.

Det skal pointeres, at forskningen indenfor produktmodeller til byggeri, har været genstand for megen turbulens gennem de seneste godt 20 år. Der har været meget forskelligartede opfattelser af definitionen for en produktmodel og det tilhørende informationssystem. Ovenstående definitioner er således ét "definitionssæt" som kan tillægges begreberne *produktmodel* og *CMB-systemer* baseret på de erfaringer der er høstet gennem litteraturlæsning inden for området.

Selve termene *produktmodel* og *CMB* har endvidere været benævnt med flere forskellige begreber. Det har været vanskeligt at gruppere disse begreber til hver af disse to, i nærværende skrift, benyttede termer. Nogle af de begreber jeg er stødt på i litteraturen nævnes i tilfældig rækkefølge nedenfor. Efter hvert af begreberne er nævnt det korresponderende begreb, der benyttes i nærværende skrift, hhv. produktmodel (PM) og (CMB)

- | | |
|--|-------|
| • Digital bygningsmodel | (PM) |
| • CMA (Computer Modeling of Artefacts) | (CMB) |
| • BSM (Building Systems Model) | (PM) |
| • EDM (Engineering Data Model) | (PM) |
| • BDS (Building Design Systems) | (CMB) |

Nedenstående figur viser et simplificeret eksempel på et udsnit af den omtalte logiske informationsstruktur som produktmodellerne opbygges efter.

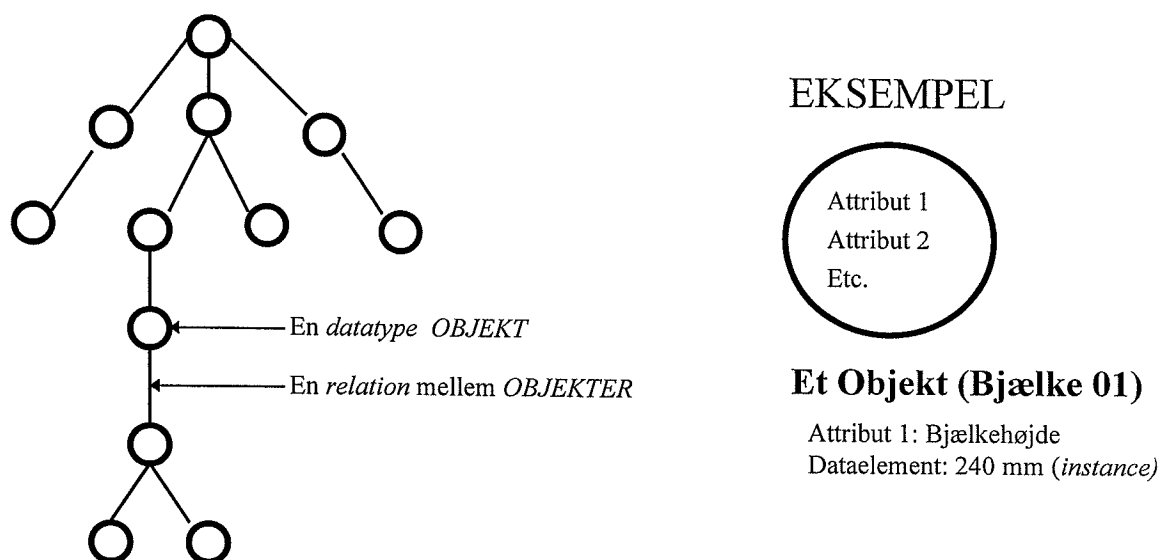


Figur 4.6 Eksempel på et udsnit af en informationsstruktur for en produktmodel.

Det findes nødvendigt, at få defineret nogle flere begreber der benyttes inden for forskningsområdet “produktmodeller”. Nedenfor er de vigtigste begreber derfor beskrevet.

Objekter og relationer

Det ses at datastrukturen i eksemplet opbygges af objekter som datatyper og i mellem disse er vist nogle *relationer*. Altså, helt i tråd med det eksempel på en model som blev givet i afsnit 4.1 (figur 4.5). Det kan gentages her, at et objekt er en struktureret samling af funktioner og data som kan anvendes til at lagre information om såvel noget konkret som et abstrakt fænomen. Et objekt betragtes (kopieres, udveksles, indarbejdes i strukturer etc.) som en helhed.



Figur 4.7. Beskrivelse af objekter og relationer

Et objekt, repræsenterer såvel egne data og metoder for behandling af data [Hertz, 1990]. De data som findes i et objekt, er principielt kun tilgængelige for objektets egne procedurer, og deles ikke med andre objekter. Objektet kan derimod sende en meddelelse til et andet objekt hvilket kan bevirke, at det andet objekts procedurer aktiveres med nye meddelelser til følge. På denne måde, kan objekter også være *bundet* til hinanden, via ovennævnte relationer. Objekter som ligner hinanden kan grupperes i *objektklasser*. Objekter tilhørende én objektklasse kan have fælles procedurer og evt. nogle fælles data. Objektklasserne kan endvidere *arve* egenskaber fra hinanden og så taler man om at systemet er *objektorienteret*.

Objektorienteret metode

Til at definere produktmodeller, benytter man sig i dag ofte af objektorienterede metoder som OOM beskrevet i afsnit 4.1. I disse metoder er objektet den centrale "byggesten". Tidligere var objektprincippet ikke udbredt og da opbyggede man sin produktmodelstruktur ud fra andre metoder, typisk ved brug af relationsdatabaseteori.

De aktuelle data der vedrører et konkret bygningsprojekt som skal udføres, bliver til ethvert tidspunkt i projektets fremadskriden *lagret i overensstemmelse med den opstillede produktmodels datastruktur*.

Dataintegreret byggeri (Computer-integrated construction, CIC)

Dataintegreret byggeri er en vision for hvordan byggeprocessen i fremtiden skal/bør foregå, med vægt på en effektiv udnyttelse af informationer for forskellige fagområder, i alle byggeprocessens faser [Björk, 1993]. Specielt er sigtet, at al information som én gang er skabt i en applikation er tilgængelig for andre applikationer i digital form. Dette muliggøres gennem brug af distribueret databaseteknik og neutrale udvekslingsformater.

Databaser

En database er en samling data som lagres i en forudbestemt struktur, og som brugere har adgang til at læse og redigere i. For at give denne adgang, behøves et Database Management System (DBMS) som, via et forespørgselsprog som f.eks. SQL, kan give en bruger adgang til, og kombinere, databasens informationer.

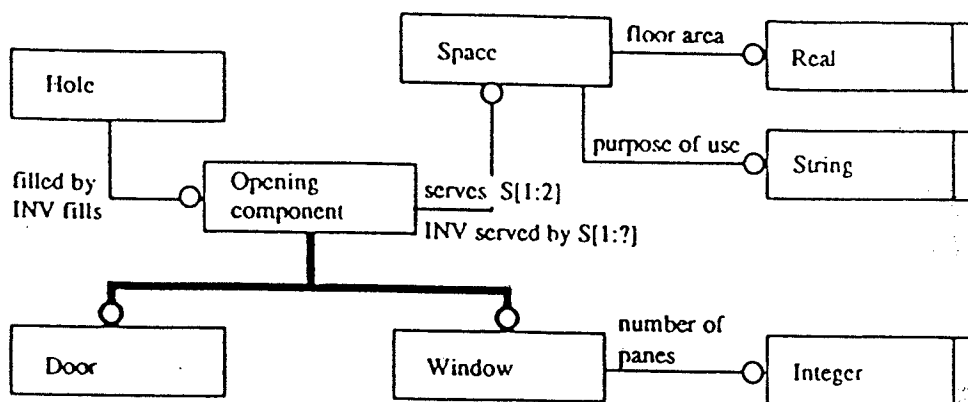
Den fundamentale datamodel

En datamodel er en opstilling af elementære datastrukturer som til sammen udgør den "grammatik" hvorefter man kan definere mere eller mindre komplicerede informationsstrukturer.

I datamodellen defineres grundelementer (datatyper) som objekter, objekt-klasser, attributter, relationer, regler og arv.

Begrebsmodel (Conceptual Model, Conceptual Schema)

En begrebsmodel definerer den information som behøves for at eksempelvis et informationssystem kan beskrive/repræsentere fænomener (begreber) fra virkeligheden. Begrebsmodellen formuleres enten i et grafisk eller et alfanumerisk *modelleringsprog* (f.eks. EXPRESS-G, eller NIAM). En begrebsmodel består af et antal relaterede objekter, som tilsammen, på en meningsfuld måde, repræsenterer det modellerede begreb. Figur 4.8 er et eksempel på en begrebsmodel, modelleret i EXPRESS-G. Et andet eksempel på en begrebsmodel var den objektmodel der blev vist i figur 4.5, i afsnit 4.1.



Figur 4.8. Et eksempel på en begrebsmodel modelleret med EXPRESS-G. Fra [Björk, 1993].

“Tillæg” til definitionen af produktmodelbegrebet

“En produktmodel er en speciel type af en begrebsmodel, hvori der er defineret den informationsstruktur som er nødvendig ved beskrivelsen af forskellige produkter (her bygninger) som planlægges og opføres af mennesker.”

Udvekslingsformater

Til udveksling af digitale data anvendes en specifik syntaks (hvor specielle tilladte symboler, rækkefølger på disse etc. følges) som i detaljer definerer hvordan den overførte information skal se ud. Der findes på markedet flere syntakser (udvekslingsformater), som kan benyttes til at overføre digitale data/informationer mellem forskellige informationssystemer. De fleste af disse udvekslingsformater er udviklet til at overføre én bestemt type af information (f.eks. kun alfanumeriske informationer, eller kun grafiske informationer). Man kan også forestille sig udvekslingsformater der udvikles til at overføre informationer, generelt. Dette forudsætter at såvel afsender som modtager af informationen benytter informationssystemer med en fælles begrebsmodel. Det udvekslingsformat som udgør en del af STEP-standarden (omtales senere), er af sidstnævnte type.

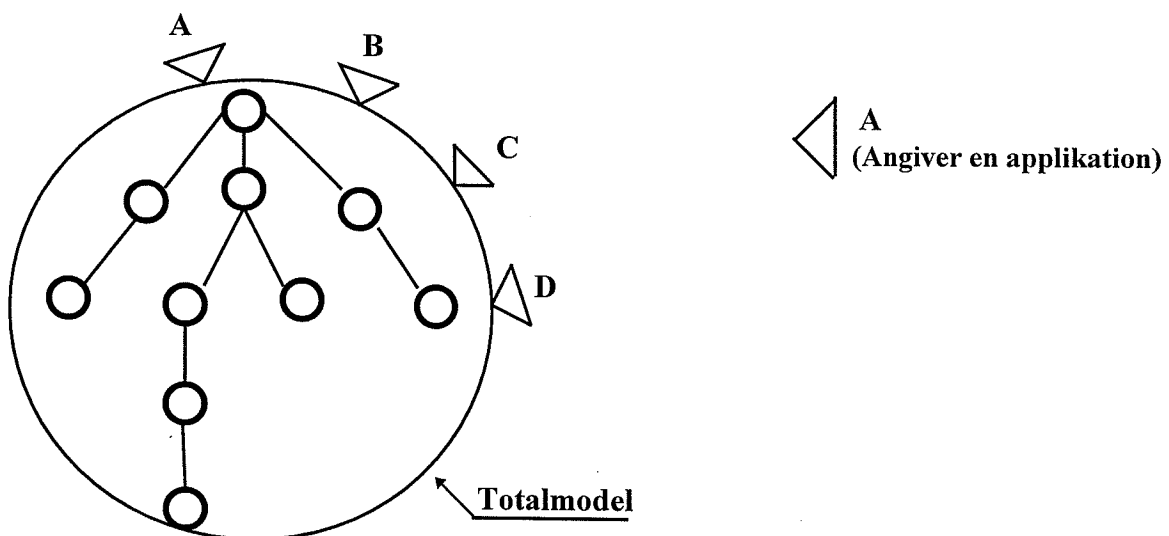
Totalmodeller kontra delmodeller omkring central modelkerne

Produktmodellens samlede informationsstruktur kan (overordnet) struktureres efter to fremgangsmåder:

- 1) Som en totalmodel
- 2) Som delmodeller omkring en central modelkerne.

Kortfattet forklaring til disse to metoder gives nedenfor.

Ad 1, Totalmodel



Figur 4.9 Eksempel på en totalmodel.

Når en produktmodel designes som en totalmodel, er det intentionen, at modellen indeholder alle fagområder der er relevante for byggeprocesser, dvs. arkitektur, bærende konstruktioner, VVS, el-installationer etc. Al den nødvendige information omkring hver af disse fagområder er indeholdt i en samlet logisk informationsstruktur. Herved sikres det eksempelvis, at når en arkitekt flytter et vindue på sin digitale planmodel over et byggeri der aktuelt projekteres, ja så vil den opstillede informationsstruktur sikre, at VVS-ingeniørens radiatorplaceringer ved det pågældende vindue bliver ændret, eller at der automatisk gives besked til VVS-ingeniøren om, at ændringen er sket. Dette opnås gennem den opstillede informationsstruktur,

idet der er etableret et “maskenet” af relationer mellem de enkelte faggrupper (domæner).

Det synes umiddelbart indlysende, at en stor og ideel informationsstruktur er vanskelig at opstille. Specielt når det, ideelt, skal sikres at produktmodellen skal kunne virke over flere forskellige projektfaser, altså lige fra skitsefasen, i projekteringsfaserne, i udførelsesfasen og i drift- og vedligeholdelsesfasen. Det er endvidere forskellige informationer der er behov for i de forskellige faser. Samtidig er det forskellige relationer der gælder i de forskellige faser.

Ved eksemplet fra før skal der således ikke gælde relationer og bindinger (constraints) i mellem arkitektens planløsning og VVS-ingeniørens radiatorplaceringer under udarbejdelse af skitseforslag. Her er VVS-ingeniøren normalt endnu ikke inddraget i arbejdet !

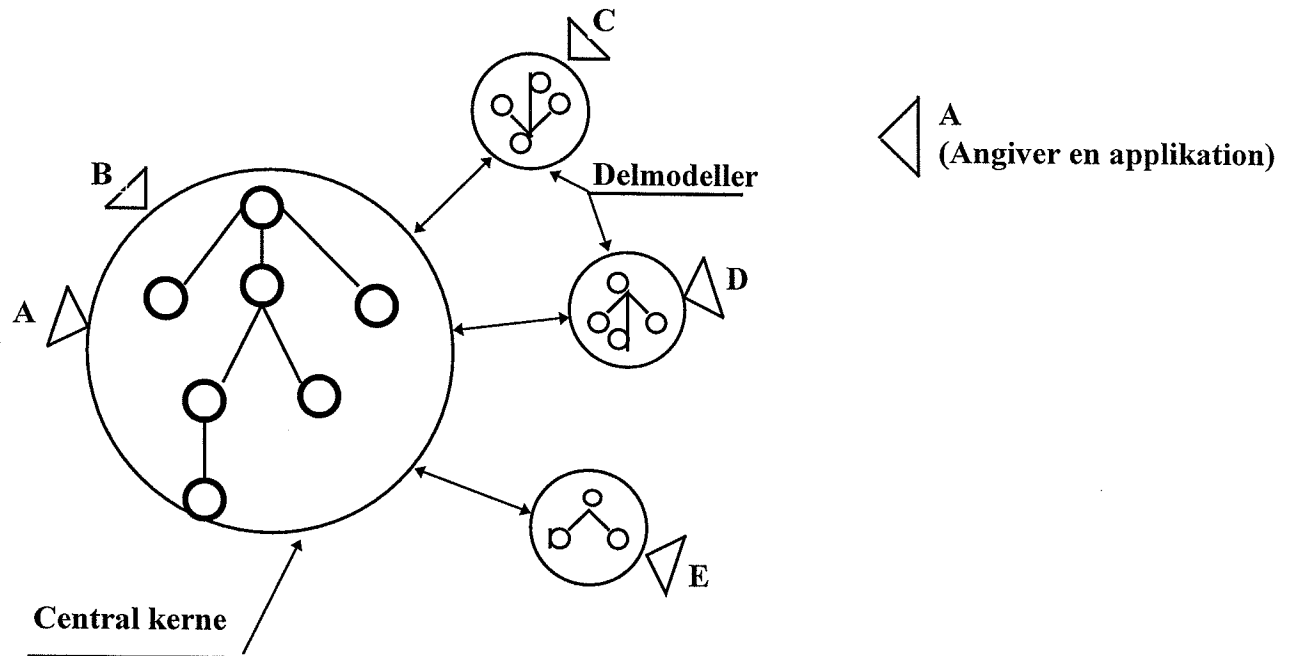
Der er altså åbenlyst en hel del problemer (af ovenstående karakter) der skal løses ved disse totalmodeller.

Ad 2, Delmodeller omkring en central modelkerne

Når produktmodeller struktureres via anvendelse af delmodeller omkring en central modelkerne er det normalt tanken, at der etableres en central kerne hvori er modelleret nogle *fælles* informationer for de domæner produktmodellen skal omfatte. Det kunne eventuelt vælges, at lægge geometrien i den centrale modelkerne. Til modelkernen er koblet nogle eksterne, mindre og fagspecifikke delmodeller. Delmodellerne er modelleret ud fra en bestemt synsvinkel og er ofte tilpasset en fase eller en fagdisciplins informationsbehov. Eksempler på delmodeller er modeller til statisk analyse og energiberegninger. Delmodeller benævnes til tider som aspektmodeller. Man kan endvidere forestille sig produktmodeller der opbygges udelukkende ved delmodeller, dvs. *uden* en central fælles modelkerne. Den logiske sammenhæng mellem delmodellerne skal så sikres indbyrdes ved opstilling af nogle relationer og bindinger indbyrdes mellem delmodellerne.

Ved anvendelse af princippet med delmodeller omkring en central modelkerne, kan forskellige fagområders applikationer trække på informationer fra den centrale kerne og overføre disse til applikationens lokale model. Nye data lagres fysisk i fagspecifikke databaseenheder. Når nye faggrup-

per naturligt skal trækkes ind i arbejdet, f.eks. VVS-ingeniøren, kan denne trække på de fælles informationer fra den centrale modelkerne svarende til det stade som projektet er nået til.



Figur 4.10 Eksempel på delmodeller omkring en central, fælles kerne.

I produktmodellens modelkerne defineres normalt bygværkets objektklasser, objekternes livscyklus, bygningsdelenes relationer indbyrdes og geometrien. Generelle attributter eller attributter der benyttes af flere fagområder (jvf. delmodeller) identificeres og inkluderes også i kernen.

Generisk beskrivelse af et produkt

Dette er en model som overordnet viser hvordan et produkts egenskaber, relationer til andre produkter samt produktets livscyklus kan modelleres efter et generelt koncept. Modellerne opbygget generisk, giver ofte mulighed for at styre versioner, produktets sammensætning samt typer og forekomster af et objekt.

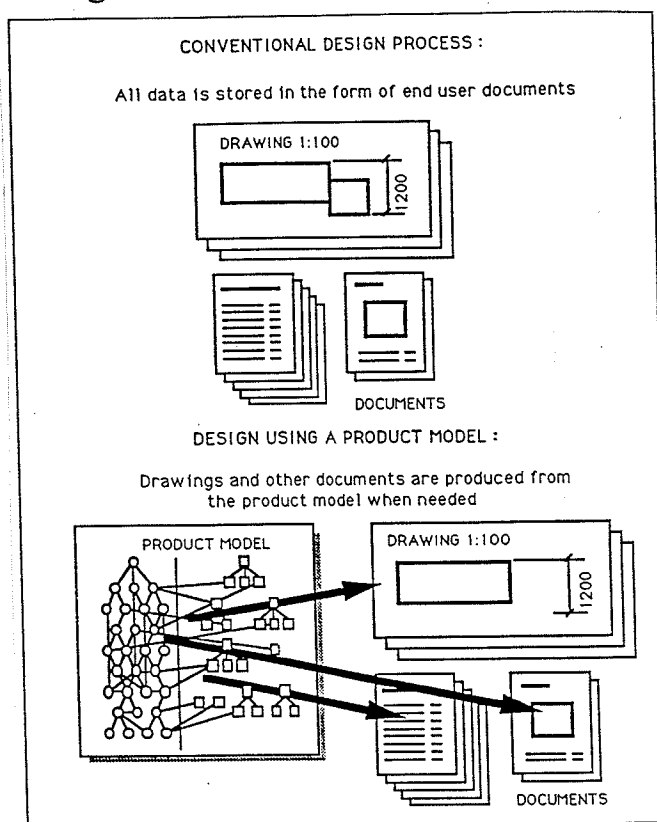
4.2.2 Hvorfor produktmodeller ?

Hvad er egentlig formålet med at benytte produktmodeller i forbindelse med byggeri ?

I forrige afsnit blev det beskrevet, i kort form, hvad der forstås ved en produktmodel samt nogle grundlæggende begreber. Ud fra denne viden kan der nu fremhæves følgende egenskaber der er "almindeligt" kendte og anses for at blive en realitet, *såfremt* der implementeres produktmodelbaserede systemer i byggeriet som "afløser" for den traditionelle projekteringsproces.

- Øget mulighed for at genbruge allerede indtastede data.
- Større sikkerhed for at informationer er konsistente
- Bedre mulighed for at undgå redundante (dobbeltlagrede) data
- Større mulighed for, at flere personer samtidigt kan arbejde på det samme dokument.
- Mulighed for bedre at kunne integrere/sammenkoble flere softwareapplikationer der hver især dækker sit "fagområde".

Den traditionelle projekteringsproces hvor flere forskellige faggrupper (arkitekter, ingeniører, landinspektører, entreprenører etc.) sidder og arbejder på hver deres dokumenter frem til den *færdige* udgave ændres også. Dette søges belyst ved figur 4.11.



Figur 4.11 Figur fra Björk [1991]. Projektering med og uden brug af produktmodeller.

I den traditionelle projekteringsproces arbejder deltagerne direkte på slutdokumenterne, som skal beskrive bygningen. Med den fremtidige (?) produktmodelorienterede projekteringsform derimod, lagres projektbeslutningerne, ad hoc, i én eller flere projektdatabaser, fra hvilke dokumenter til et vilkårligt tidspunkt kan udtrækkes. Dokumenter kan altså udtrækkes fra produktmodellen *når de behøves*. Dette er med til, at lette produktionen af dokumenterende tegninger etc. som behøves, for at “holde ryggen fri” i den videre projektering.

4.2.3 Metoder til dataudveksling, herunder udveksling af produktmodeldata

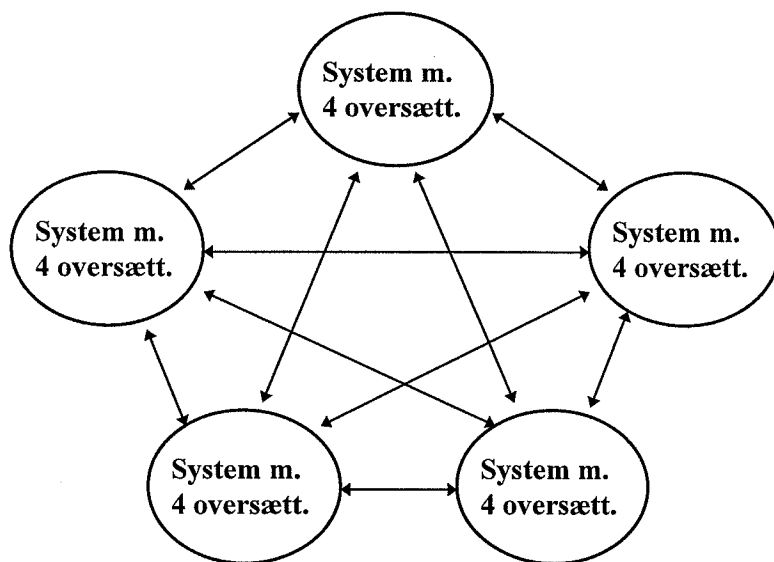
I en byggeproces udveksles der meget store mængder af informationer mellem de i byggeprocessen involverede parter. For at kunne udveksle disse informationer digitalt, mellem de forskellige virksomheders informationssystemer, er det hensigtsmæssigt med informationssystemer der kan “forstå” hinanden umiddelbart. Dette er tilfældet, eksempelvis hvis to parter i en byggeproces anvender præcis samme slags informationssystem.

Såfremt de to parters informationssystemer er forskellige, må der gøres noget andet. Der findes, overordnet, tre måder at udveksle digitale data mellem forskellige informationssystemer:

1. Direkte dataudveksling
2. Dataudveksling via et fælles udvekslingsformat
3. Dataudveksling via en produktmodel

Begreberne forklares lidt nærmere nedenfor.

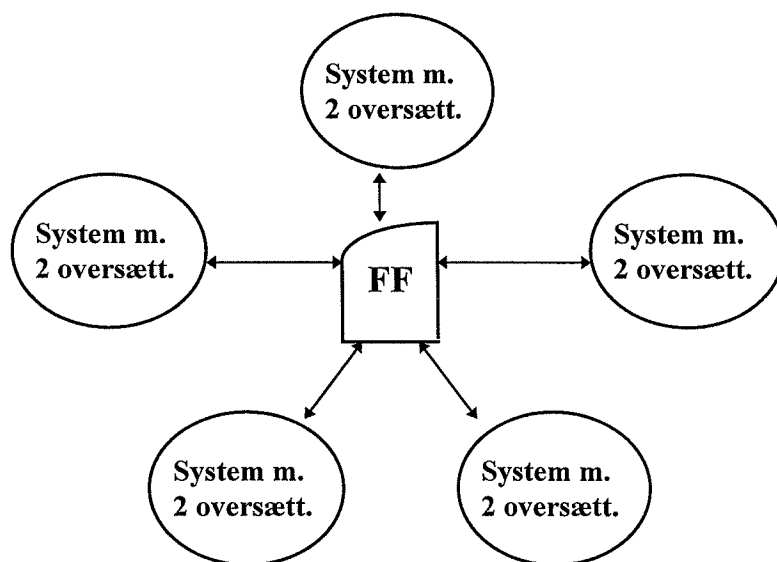
Ad 1. I dette tilfælde skal hvert af informationssystemerne som der skal udveksles mellem, have faciliteter der kan *oversætte* fra afsenderens informationssystems leverede filformat og til modtagerens informationssystems filformat. Dette klares ved en applikation, en såkaldt *direkte oversætter*. Denne applikation kan oversætte i forbindelse med dataudveksling *den ene vej*. Skal der også udveksles data den modsatte vej, kræves der en “*invers*” applikation. Figur 4.12 illustrerer dataudveksling med brug af direkte oversættere.



Figur 4.12 Udveksling mellem i alt 5 forskellige informationssystemer ved brug af direkte oversættere.

Der bliver således, i alt, behov for et antal af $n(n-1)$ direkte oversættere, hvor n angiver det antal forskellige informationssystemer der udveksles mellem.

Ad 2. I stedet for direkte oversættere, kan man benytte sig af et fælles (vedtaget) *udvekslingsformat* også kaldt et neutralt udvekslingsformat. I dette tilfælde skal afsenderens informationssystem have en såkaldt *præ-processor* (som også er en oversætter) der er i stand til at omskrive informationerne fra sit eget systemformat og til det fælles udvekslingsformat. Tilsvarende skal modtagerens informationssystem have en såkaldt *post-processor* således, at der kan oversættes fra udvekslingsformatet og til modtagerens systemformat. Figur 4.13 illustrerer udveksling ved brug af et fælles udvekslingsformat.



Figur 4.13. Udveksling mellem i alt 5 forskellige informationssystemer ved brug af et fælles udvekslingsformat.

Benyttes et fælles udvekslingsformat kræves der i alt $2n$ af disse processorer (oversættere). Såfremt der er involveret mere end 3 forskellige informationssystemer, f.eks. i en projekteringsproces, er det umiddelbart mest hensigtsmæssigt at benytte sig af denne metode, idet antallet af oversættere herved bliver mindst.

Der har i flere år fandtes flere fælles udvekslingsformater, hvormed man kunne udveksle digitale data mellem informationssystemer. Eksempler herpå er ASCII, DXF og IGES. Det førstnævnte af disse er beregnet for udveksling af alfanumeriske data, de to sidstnævnte for grafiske data. Det er en langsommelig proces at udvikle og standardisere disse fælles udvekslingsformater, idet arbejdet hermed ofte udføres af frivillige der stiller deres arbejdskraft til rådighed. Der skal findes en "mindste fællesnævner" for de forskellige informationssystemers informationsbehov som udvekslingsformatet skal kunne benyttes mellem. Ofte bliver de fælles udvekslingsformater ret hurtigt forældede, idet nye faciliteter og informationsbehov indarbejdes i de informationssystemer formatet skal udveksle mellem.

Ad 3. Når data skal udveksles mellem forskellige informationssystemer via en central produktmodel, skal der ikke anvendes oversættere, som tilfældet var for den direkte udveksling og udveksling via fælles udvekslingsformat. Den centrale model indeholder så at sige en informationsstruktur som til-

godeser eller efterlever de tilknyttede informationssystemers behov. Informationssystemerne opererer (lagrer, ændrer og sletter data) direkte på en fælles database hvorpå produktmodellen er lagret. Det kan være vanskeligt at udvikle denne centrale produktmodel som kan indeholde alle informationssystemernes fagspecifikke informationsbehov samtidigt. Produktmodellen udgør derfor ofte en "mindste fællesnævner" for tilknyttede informationssystemers informationsbehov.

Metoden med dataudveksling via en produktmodel resulterer ofte i en ringe fleksibilitet, når nye informationssystemer ønskes inddraget i projekteringsprocessen. Produktmodellen kan ikke umiddelbart udveksle informationer med disse nytilkomne informationssystemer, idet disses lokale "domæneinformation" først skal indarbejdes i produktmodellens informationsstruktur.

Desuden vil der i produktmodellen normalt kun kunne repræsenteres ét alternativ af et aktuelt projekts informationstilstand (en såkaldt *instance*). Der er ofte i projekteringsprocesser behov for, at flere projekialternativer "verserer" for derved løbende at kunne sammenligne og koble forskellige alternativers delløsninger. Dette er ikke umiddelbart muligt ved denne udvekslingsmetode.

4.2.4 Standardisering af udveksling af produktmodeldata

Omkring midten af firserne erkendte man et stigende behov for, på en standardiseret form, at kunne udveksle egentlige produktmodeldata, d.v.s. kombinerede alfanumeriske- og grafiske data som i øvrigt kunne antage karakter af typen objekt. Dertil rakte de eksisterende fælles udvekslingsformater ikke.

Repræsentanter med tilknytning til nationale udviklingsprojekter vedrørende udvekslingsstandarder fra flere nationer, deltog derfor i et åbningsmøde til ISO TC184/SC4 (forkortes SC4) i Washington DC, juli 1984, med det sigte at der skulle laves en international standard for et udvekslingsformat [Owen, 1993]. Der blev på mødet vedtaget følgende resolution: (Uddrag gengives)

*“SC4 recognises the need for a new standard for the external representation of product model data. This standard will be based upon existing data exchange initiatives including the US IGES and PDDI, the French SET
.....Technical work will be accomplished by existing and future national projects, organizations, and resources which will be coordinated and monitored by the SC4 committee.”*

[Resolution 1 (July 1984, Washington)]

Det blev dog hurtigt klart, at det ville tage for lang tid at udvikle sådan én “totalstandard”. Før den kunne være færdig til brug ville der være behov for, at de enkelte nationers gældende standarder, stadig kunne benyttes uden begrænsninger og der var forslag om, at man måske i stedet skulle videreudvikle en af de bedste standardiseringsprojekter på området. Enden på disse overvejelser blev i midlertid, at man i Paris, på et nyt SC4-møde, i marts 1985, vedtog en ny resolution for området. (Uddrag nedenfor)

“SC4 reconfirms its goal

To develop as soon as possible a single international standard for the exchange of product definition data to be called standard for exchange of product model data (STEP)

SC4 will not concern itself with an interim solution based on any existing national standards although it recognizes that these standards will continue to be in parallel use until STEP becomes fully operational.

All efforts will be concentrated to achieve a first version of STEP so that its effective industrial use can start in 1990.”

[Resolution 9 (March 1985, Paris)]

Tidspunktet for den effektive industrielle brug af STEP er endnu ikke indtrådt. Der findes dog nogle *draftversioner* som udgøres af et sæt af STEP-dokumenter. Disse blev præsenteret ved et møde i Tokyo i 1989. På det tidspunkt havde et ESPRIT CAD*I projekt demonstreret udveksling af fysiske filer der indeholdt overfladegeometri, solid geometri og finite element (FEM) information mellem flere CAE-systemer (Computer Aided Engineering)-systemer hvor der benyttedes teknologi der var i tråd med STEP. Erfaringer herfra blev udnyttet i det videre STEP-arbejde.

Mødet i Tokyo i 1989 resulterede i en betragtelig reorganisation af STEP-strukturen. Den var blevet for stor og rutinerne for vedtagelse af diverse STEP-dokumenter etc. var blevet alt for lang. Dette resulterede, i 1990, i Paris og i 1990 i Gøteborg, i to nye SC4-resolutioner, som fastlagde at STEP-arbejdet skulle fraktioneres i nogle mindre dele (parts).

Det blev således vedtaget, i 1990, at den første version benævnt STEP Version 1.0 skulle indeholde følgende parts:

Overview	Part 1
EXPRESS	Part 11
Physical File	Part 21
Conformance Testing	Part 31
Generic Product Data Model	Part 41
Shape Representation	Part 42
Presentation	Part 46
Drafting	Part 101

Tabel 4.1 Strukturering af den første version af STEP. (STEP Version 1.0)

STEP-dokumenterne blev opdelt i flere klasser jvf. parts, og strukturen i STEP-dokumenter følger således STEP's egen udviklingsstruktur. Dokumenter fra STEP grupperes således i nedenstående klasser

Introductory.....	1-9
Description methods	11-19
Implementation methods	21-29
Conformance testing methodology and framework.....	31-39
Integrated resources	41-99,101-199
Application protocols	201-1199
Abstract test suites	1201-2199

4.2.5 Status for produktmodelforskningen

Efter produktmodeller og CMB-systemer nu er introduceret kan vi se lidt på status for forskningen på området. Altså, hvilke metoder og principper er nu de fremherskende, ved udvikling af produktmodeller. Til trods for, at man har arbejdet med produktmodeller i ca. 20 år har området endnu ikke

fundet en stabil tilstand, bl.a. på grund af den hurtige udvikling inden for computerteknologien. I dag er der dog enighed om, at brugen af en konceptuel produktmodel (altså baseret på en begrebsmodel) er et væsentligt led i, at opnå en integreret computermode. Men der hersker uenighed om hvordan modellen skal bygges op, om den skal være statisk eller dynamisk [Karlshøj, 1994].

Udviklingstendenser

Nedenfor er nævnt nogle hovedsynspunkter der vedrører de forskningstendenser indenfor produktmodeller til byggeri som fremkom ved et CIB W78 møde, maj 1992.

- STEP standarden
- Processer
- Delmodeller (Aspektmodeller)
- Generisk produktmodel
- Dynamisk produktmodel

En kort beskrivelse, givet i Karlshøj [1994], af disse hovedtendenser gives nedenfor, lettere omskrevet (STEP, Processer, Delmodeller, Generisk produktmodel)

STEP

STEP-standarden går i retning af en fælles modelkerne, som modeller på overordnede niveauer kan benytte. Det oprindelige forslag til STEP nedbrydes i en række selvstændige standarder. De nævnte overordnede modeller findes på flere niveauer, og har indbygget et varierende antal regler, beregnede værdier og tekniske normer.

Fra STEP-udviklingsarbejdet har der været benyttet en række softwareværktøjer som er benyttet til udvikling af de under STEP-standardens definerede *klasser*. Det er værktøjer (f.eks. EXPRESS), hvormed man kan definere sine datatyper og relationer mellem disse, constraints etc. Yderligere er der under STEP-standardens benyttet grafiske softwareværktøjer, som har lettet arbejdet med at definere begrebsmodeller.

Processer

I en række projekter arbejdes der med at skabe en meget tæt forbindelse mellem informationer og processer. Alle bygningsproduktmodeller dannes ved at analysere et eller flere fagområders virkemåde, og på baggrund af disse analyser, opstilles en produktmodel. Det er i midlertid kun få af disse opstillede produktmodeller som direkte modellerer fagområdets processer direkte med i modellerne.

Delmodeller

Det er ikke længere, generelt set, de omfattende totalmodeller som der sættes på, men i stedet udvikles produktmodeller efter et koncept der bygger på en række delmodeller som samles omkring en fælles kerne. Tolman og hans medarbejdere, beskriver i 1993 eksempelvis forslag til energi- og bygningsreglement relaterede delmodeller. Der arbejdes med et koncept, hvor en del af fagmodellernes informationer kan integreres i kernen. Björk [1993] mener samstemmende, at der bør benyttes delmodeller .

COMBINE-projektet, afsluttet i 1995, har bevist at, produktmodeller, der er opbygget som delmodeller, kan dannes relativt hurtigt. Resultatet er en række fag/applikationsafhængige delmodeller, som kommunikerer ved en fælles modelkerne. Alle problemer vedrørende versionskontrol, integritet m.v. er dog ikke løst.

Generisk produktmodel

Flere (bl.a. Pols [1991], Björk [1993]) forventer, at fremtidige produktmodeller tager udgangspunkt i en generisk objektorienteret opfattelse. Dette skulle give mulighed for flere repræsentationsmuligheder end hidtil og en gradvis udvikling af en bygningsproduktmodel. Produktmodellen kan støtte designprocessens *iterationer* og skabe forbindelse mellem form, struktur og dimensioner af bygningen og dens bestanddele. Et abstrakt hierarki, der dækker alt fra komponenternes enkelte dele til bygningen som et hele, udgør den konceptuelle ramme for den *generiske produktmodel*. Den generiske produktmodel er en logisk struktur, som kan implementeres i flere forskellige EDB-værktøjer. De nævnte flerfoldige repræsentationsmuligheder skal muliggøre, at de projekterende kan arbejde på forskellige niveauer og faser i gennem projekteringsprocessen.

Dynamisk produktmodel

I Eastman [1991] forudsiges det at der i fremtiden vil være tre forskellige mulige modelleringsmetoder: 1) en realistisk totalmodel, 2) en restriktiv totalmodel og 3) en model som tillader dynamiske tilpasninger. En realistisk totalmodel vil være vanskelig at modellere og være uhåndterlig at arbejde med. En restriktiv totalmodel vil kunne påvirke projekteringsprocessen negativt, fordi modellen kun tillader bestemte komponenter og opbygninger. Den tredje mulighed anser Eastman for den eneste, som kan tilfredsstille byggesektorens dynamiske karakter. Metoden bygger på et princip, hvor den projekterende vælger fagpakker, som er nødvendige i den aktuelle opgave. På grund af byggesagers varierende karakter, skal produktmodellen løbende kunne behandle data/objekter fra de forskellige fagpakker, og samlet kunne udgøre et hele.

Den dynamiske model skal være objektorienteret for at give mulighed for anvendelse af arv, indbyggede regler og beregnende funktionsudtryk. Modellen skal endvidere understøtte versionskontrol, ændringshistorie og forskellige abstraktioner og dermed repræsentationer.

Udover disse ovennævnte udviklingstendenser er der blandt flere forskere indenfor området (f.eks. Froese, Galle og Eastman) accepteret en produktmodelstruktur der er opdelt i tre niveauer.

4.2.6 Produktmodellens tre niveauer

En *produktmodel* opdeles ofte i tre modelniveauer: *datamodel*, *domæne-model* og *projektmodel*. En kortfattet forklaring til disse tre modelniveauer kan gives således:

Datamodel

En datamodel som det laveste modelniveau. Den er et paradigme for hvorledes projektuafhængige dataelementer er repræsenteret herunder indbyrdes relateret. Eller sagt med andre ord "et paradigme for datastrukturen". Den angiver så at sige den "grammatik" som dataene skal oprettes, lagres og redigeres efter. I en objektorienteret datamodel kan data specificeres

som objekter med attributter. Datamodellen angiver således den “grammatik” for hvorledes for eksempel objekter (gennem OOM) med tilhørende attributter (egenskaber) er relateret indbyrdes. En datamodells mindste enhed er defineret som *dataelementer*. Dataelementer udgør *værdien* (f.eks. 100 kr.) af en *egenskab*, dvs. attributten (her i eksemplet således *prisen*) for et givet objekt.

I databaseterminologi benyttes ordet “datamodel” i samme betydning som her.

Domænemodel

Domænemodellen er det mellemste modelleringsniveau hvor fagspecifikke informationer modelleres. Her gives en præcis terminologi eller beskrivelse af, hvordan elementer (f.eks. en bjælke, en dør eller en aktivitet) i et aktuelt fagområde er repræsenteret i henhold til datamodellen. I databaseterminologi benyttes dér begrebet *skema* for en domænemodel.

Et eksempel på en domænemodel kunne være modelleringen af den fagspecifikke (statiske) del af en betonramme. Det vil sige en del af konstruktionsingeniørens område. Her benyttes eksempelvis viden om betonstyrker, miljøklasser, nøjagtig geometri etc. Et andet eksempel kunne være den samme betonrammes modellering, men set udfra entreprenørens synsvinkel. Det er klart, at der her er andre informationsbehov, f.eks. vægten at rammen, montagespecifikationer etc.

Projektmodel

Projektmodellen udgør det øverste modelniveau, og beskriver de til enhver tid aktuelle *projektinformationer* for et konkret projekt. Dvs., projektmodellen udgør den aktuelle *instance* som alle produktmodellens enkelte dataelementer er i. Alle informationer gemt i projektmodellen hviler på datamodellens og domænemodellens logiske strukturer. I databaseterminologi benyttes begrebet *database* for det som her kaldes projektmodel.

4.3 Kunstig intelligens systemer, eksemplificeret ved CBR

Dette afsnit giver en introduktion til området “kunstig intelligens systemer”. Kunstig intelligens systemer kan være systemer som eksempelvis ekspertsystemer, Case-Based Reasoning (CBR) systemer, neurale netværkssystemer etc. I dette afsnit introduceres området *alene udfra området CBR-systemer*. Andre kunstig intelligens systemer som ekspertsystemer (også kaldet videnbaserede systemer), neurale netværk etc. er i nogen grad sammenlignelige med CBR-systemer. Der henvises dog til andet litteratur for at få disse systemer introduceret.

4.3.1 Introduktion

Mennesker løser ofte nye problemer ved at kigge på løsninger til tidligere lignende problemer. Et eksempel herpå kunne være en ingeniør som får stillet en ny opgave. Ingeniøren får præsenteret en problemstilling, noterer sig det væsentlige, og begynder ret hurtigt at overveje hvilke ligheder der kan knyttes til tidligere løste opgaver. Såfremt der kan erindres en eller flere opgaver af tilsvarende karakter, er det nu væsentligt at den eller disse sager kan genfindes i firmaets arkiv og derved kan benyttes som en hjælp til at løse det nye problem. Yderligere ville det være en fordel, hvis ingeniøren også kunne se hvilke konsekvenser løsningen til den/de tidligere løste opgaver har haft for klienten/bygherren, lokalmiljøet, økonomien etc. Efter en endelig løsning er udarbejdet, er denne traditionelt blevet arkiveret (som papirmedie) i firmaets arkiv.

Den beskrevne proces kan i punktform gengives således

1. Problemstilling for nyt problem udarbejdes
2. Præsentation af problemstilling for den eller de personer der skal løse problemet
3. Det væsentlige i problemet peges ud
4. Ligheder genkaldes til tidligere løste problemer/opgaver af samme karakter
5. Genfinding af disse problemstillinger og tilhørende løsninger
6. Et løsningsforslag på det nye problem udarbejdes med udgangspunkt i løsningen til disse fremfundne problemløsninger
7. Konsekvenser fra et (eller flere) tidligere problemers løsning vurderes og inddrages

8. Endelig løsning udarbejdes

9. Problemstilling samt endelig løsningen arkiveres

Efter processen er gennemløbet er en ny erfaring gjort, i hvert fald for den eller de personer som har været involveret i processen. Processen kan naturligvis afvikles mere eller mindre effektivt. Det er således ikke sikkert at den som skal løse et nyt problem overhovedet kan huske at der har været en sag af lignende karakter tidligere. Det tidligere problem kan eventuelt være løst af en anden person eller gruppe. Yderligere kan det være vanskeligt at genfinde den tidligere sag i arkivet etc.

De parametre der er afgørende for om processen kan forløbe hensigtsmæssigt kan summeres således

- Genkaldelse af et (eller flere) tidligere lignede problemer
- Genfinding af det eller disse problemer inklusive løsning(er)
- Kan konsekvenser genfindes eller er de overhovedet gemt

Det er klart, at egenskaber som dårlig hukommelse hos den der skal løse et nyt problem indvirker på den første parameter. Tilsvarende vil et dårligt struktureret eller rodet arkiv influere på den næste parameter. Endelig vil den sidste parameter præges af i hvor høj grad der i firmaet har været tradition for at gemme de opnåede erfaringer på en struktureret måde i arkivet.

Et par eksempler på den måde forskellige personer, tilknyttet forskellige fag, løser nye problemer på er givet nedenfor.

Eksempel 1

En læge har undersøgt en patient i sit kontor. Han husker nu en patient som han behandlede to uger tidligere. Lægen gennemløber sit journalarkiv og finder (eventuelt) den huskede patients journal. Lad os sige at denne tidligere behandlede patient havde lignende væsentlige symptomer som den aktuelle patient, ja så vil lægen måske benytte den stillede diagnose og behandling for den tidligere patient til at fastlægge en diagnose og behandling af den aktuelle patient.

Eksempel 2

En sprængningsekspert som har haft to dramatiske sprængninger, bliver let påmindet en eller begge disse situationer når kombinationen mellem sprængstofmængde og sprængstofhullets diameter etc. er identisk med de dramatiske sprængninger. I særdeleshed vil han komme i tanker om en eventuel fejl som han lavede under en tidligere sprængningsopgave og benytte den derved opnåede erfaring for at undgå en fejl igen.

Begge disse eksempler på menneskers måde at løse problemer på beskriver dog ikke på tilstrækkelig vis virkeligheden. Der skal normalt suppleres med noget basisviden. Altså, lægen fra eksempel 1 stiller ikke blot sin diagnose på den nye patient *udelukkende* udfra den tidligere patients diagnose, selvom begge patienter havde samme væsentlige symptomer. Lad os sige, at den tidligere patient var 85 år gammel, men den nye måske kun 25 år. Symptomerne (på eksempelvis hjertefejl) er ganske vist ens, men lægen benytter nu en viden om, at den 25 åriges symptomer *kan have* sit udspring i nogle psykiske lidelser, mens den ældre patient rent faktisk havde dårligt hjerte. Lægen ordinerede måske hjertemedicin til den tidligere patient, men vil ordinere en konsultation til en psykolog til den unge patient. Det er klart udfra denne snak, at løsninger skal udarbejdes med inddragelse af en mere generel viden, i stedet for blot at kigge på tidligere lignende problemers løsning.

4.3.2 Case-Based Reasoning

Det er med baggrund i den måde mennesker ofte benytter sig af ved løsning af nye problemer, at Case-Based Reasoning (CBR) kommer ind i billedet. CBR er en metode som kan hjælpe et menneske med at genfinde og benytte tidligere udførte løsninger til løsning af et aktuelt problem, men med inddragelse af en vis mængde generel viden. Oversat til dansk betyder CBR "ræsonnement baseret på fortilfælde". CBR er en eksperimentel fremgangsmåde til problemløsning og hører til forskningsområdet "kunstig intelligens".

Arkitekter for eksempel, tyr ofte til arkivet med tidligere designede bygninger, for at hente inspiration til ny arkitektur. Hovedideen er, at analogier kan trækkes mellem tidligere situationer, og det aktuelle designproblem der skal løses. På grund af projekterendes udbredte brug af experi-

mentel viden, kan Case-Based Reasoning metoden være en fornuftig “strategi” at indføre i software-værktøjer møntet for byggesektoren.

CBR-metoden er velegnet til at lægge ind i informationssystemer, og man taler så om et CBR-system. De centrale komponenter i et CBR-system er en database (benævnt en sagsbase), en ræsonnør og en brugergrænseflade. Disse tre hoveddele beskrives lidt nærmere i afsnit 4.3.4. Men først bør vi se lidt nærmere på CBR-systemets virkemåde og på det at løse problemer ved hjælp af et sådant system.

Som antydnet, er der tale om, at et problem (eller en fortolkning el. lign.) løses/gives ved, at fremfinde tidligere (og sammenlignelige) problemers løsninger/tolkninger fra CBR-systemets database. En tidligere løsning genbruges nu til løsning af det nye problem. Men systemet gemmer også oplysninger om de konsekvenser de anvendte løsninger har haft på omgivelserne. Herved støttes brugeren af systemet yderligere i sit endelige valg af løsning.

Sagt med få ord er Case-Based Reasoning det at løse et nyt problem ved at genkalde et tidligere og lignende problem og genbruge information og viden fra den situation.

I CBR terminologi betegner ordet “case” normalt et tilfælde af en problemstilling. Et tidligere erfaret problem som er blevet løst og lært i en form så den kan genbruges til løsning af fremtidige problemer, refereres til som enten et fortilfælde, en tidligere sag, en gemt sag, eller en husket sag. Tilsvarende omfatter en ny problemstilling eller et nyt uløst tilfælde en beskrivelse af det nye problem som skal løses. CBR er en cyklisk og integreret proces som indbefatter løsning af et nyt problem, indlæring fra denne erfaring, løsning af et nyt problem etc. Processen gennemgås mere detaljeret i følgende afsnit 4.3.3.

Begrebet “problemløsning” benyttes videre frem i en bred mening og i tråd med almindelig praksis indenfor området “videnbaserede systemer”. Dette indebærer, at problemløsning ikke nødvendigvis er det at finde én konkret løsning på et stille problem. Det kan ligeså godt være det at fortolke en problemstilling, at generere et sæt af mulige løsninger, give forventninger baseret på observerede data, eller retfærdiggøre eller kritisere et løsningsforslag foreslået til brugeren af CBR-systemet. Alle disse betydninger lægges her i begrebet “problemløsning”.

4.3.3 Overordnede processer i et CBR-system

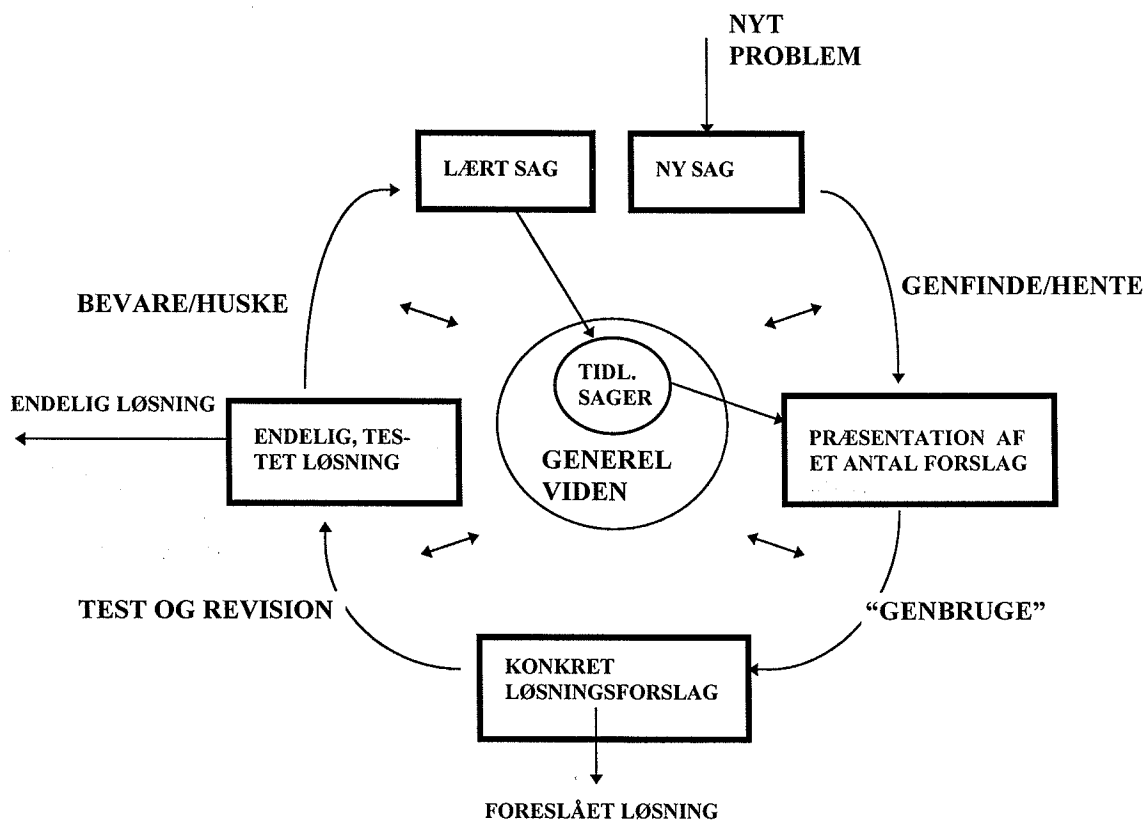
Som nævnt er Case-Based Reasoning (CBR) et værktøj, der kan støtte folk i at finde løsninger på et problem eller fortolke en situation. CBR indbefatter muligheden for, på en struktureret måde, at finde frem til en række løsningsforslag på et givet problem, ved at sammenligne det aktuelle problems karakteristika med allerede løste problemers karakteristika. De(t) tidligere problem(er)s karakteristika som *kommer tættest* på det nye problem udvælges, og løsninger hertil *genfindes* af CBR-systemet og præsenteres brugeren som løsningsforslag til det nye problem.

De præsenterede løsningsforslag passer dog sjældent eksakt som løsning til det nye problem. Det er altså sjældent, at et nyt problems karakteristika kan genfindes i eksakt overensstemmelse med et tidligere problems karakteristika. Det bedst passende forslag *genbruges* i en vis udstrækning som basis for opstilling af et konkret løsningsforslag til det aktuelle problem. Dette løsningsforslag skal normalt *revideres* eller tilpasses og testes, for at kunne benyttes som endelig løsning, egnet for lagring, til det nye problem. Det er altså væsentligt at de konsekvenser som en ny løsning får på omgivelserne lagres sammen med selve løsningen. Efter test og revision haves nu en endelig løsning på det nye problem. Det er nu vigtigt, at denne løsning *huskes*. Et CBR-system skal derfor åbne mulighed for, at den nye løsning til et problem kan gemmes i systemet, til gavn for fremtidige problemers løsning.

Den netop beskrevne proces for en CBR-metode, kan i kort form repeteres således:

1. Genfinde tilsvarende fortilfælde (sager) og præsentere disses løsninger for brugeren som forslag til løsning (eller delløsning) på aktuelt problem
2. "Genbruge" information og viden fra disse forslag som baggrund for opstilling af et konkret løsningsforslag til det aktuelle problem.
3. Test og revision af det herved fremkomne løsningsforslag frem til en endelig, og lagringsklar, løsning.
4. Huske den endelige løsning til nytte for løsning af fremtidige problemer

CBR-metoden med disse fire delprocesser, kan gengives i en såkaldt *CBR-cyklus*. Se figur 4.14.



Figur 4.14. CBR-cyklus

Det ses af figuren, at et CBR-system til stadighed bliver "klogere" for hver ny sag der løses, idet systemet tilføres ny viden i takt med nye problemers løsninger.

Det er endvidere indikeret i figuren, og nævnt i forrige afsnit, at *generel viden* normalt spiller en rolle idet den støtter processen. Denne støtte kan variere fra meget svag (eller ingen) til meget stærk, afhængig af typen af CBR-metode. Med *generel viden* menes her *generel* fagafhængig viden i modsætning til *sagsspecifik* viden indeholdt i de lagrede sager. For eksempel, ved diagnosticering af en patient ved at hente og genbruge et fortilfælde med en lignende patient, kan en model af anatomi *sammen* med årsags-sammenhængende forhold mellem sygdomstilstande udgøre den generelle viden benyttet af CBR-systemet. Et sæt af regler kan have den samme rolle.

Det er klart, at alene punkt 1 "Genfindning af tilsvarende fortilfælde" ud fra en matchning af problemformuleringer, kan være en tidskrævende proces. Især hvis der skal søges blandt flere hundrede tidligere sager. CBR-meto-

den er da også udviklet til computere, hvor der kan udvikles algoritmer, til at fremfinde fortilfælde og tilhørende løsninger eller fortolkninger. Det var således fra start hensigten, at indlæse problemformuleringer og løsninger til tidligere sager i en database (sagsbase). Denne sagsbase bør selvsagt designes på en måde, der åbner for en effektiv søgning og genfindning af allerede indlæste problemformuleringer og tilhørende løsninger, ud fra den aktuelle sags problemformulering. Der findes to "klassiske" og hyppigt anvendte modeller til dette formål. Den ene benævnes "The Dynamic memory model" og den anden "The Category & Exemplar Model". Disse beskrives i afsnit 4.3.9.

Hvordan ovenstående opgaver løses, og hvilke dele af processen som er i fokus etc. varierer fra system til system. CBR-paradigmet dækker over et spekter af forskellige metoder til at organisere sager, genfinde sager samt udnytte den viden som er gemt i lagrede sager. Sager kan gemmes som konkrete erfaringer, eller et sæt af ensartede sager kan udgøre en overordnet "sagstype". Sager kan gemmes som separate "videnenheder" eller kan splittes op til delenheder og fordeles i en samlet videnstruktur. Sager kan indekseres i en "flad" eller en hierarkisk indeksstruktur. Løsningen fra en tidligere sag kan anvendes direkte som løsning til et nyt problem eller modificeres i henhold til forskellen mellem de to sager. CBR-metoder kan være rene selvbærende og automatiske eller de kan virke i kraftig interaktion med brugeren af systemet med hensyn til støtte og vejledning i diverse valg af løsninger og tolkninger. Nogle CBR-metoder indeholder et ret bredt sortiment af vidt forskellige sager i sin sagsbase, mens andre er baseret på et mere begrænset sæt af typiske (snævre) sagstyper.

Begrebet "Case-Based Reasoning" er i øvrigt kun én ud af et sæt af termer der benyttes til at referere til systemer af denne slags. Dette har naturligvis ledt til nogen frustration og forvirring, specielt fordi "Case-Based Reasoning" er en term som er benyttet såvel som en generel term for flere typer af mere specifikke "reasoning-systemer" som for en enkelt af disse specifikke systemer. Termer som Exemplar-, Instance- og Memory-based Reasoning benyttes til tider, og disse termer dækker over let forskellige varianter af den underliggende teori. Forskellene skal dog ikke præsenteres yderligere her.

Selvom begrebet "Case-based reasoning" er benyttet som en generel term i dette afsnit, ja så har den *typiske* Case-based reasoning metode nogle ka-

rakteristika som adskiller den fra de andre “reasoning”-metoder som er opremset. For det første, en typisk sag (et tilfælde) antages normalt at have en vis mængde af information indeholdt i sig samt en vis kompleksitet med hensyn til dens interne organisering i sammenligning med de øvrige metoder. Det som kaldes den typiske case-based metode har endvidere en anden karakteristisk egenskab: Den er i stand til at *modificere*, eller tilpasse, en hentet løsning når den ønskes anvendt til et nyt problem. Altså, via CBR-systemets brugerinterface kan systemet *støtte* brugeren i sin videre tilpasning af en præsenteret, og udvalgt, løsning. Den typiske Case-based metode udnytter endvidere generel fagspecifik viden i modsætning til de øvrige metoder som normalt ikke har inkluderet generel viden.

Hvordan er et CBR-system bygget op. Dette belyses lidt nærmere i følgende afsnit.

4.3.4 Hvordan er en CBR-systemarkitektur

Et CBR-system består af en sagsbase, en ræsonnør og en brugergrænseflade. Disse tre dele beskrives kortfattet nedenfor. Oplysninger hentet og tilpasset fra Hansen [1995].

Sagsbasen (Case-base)

Sagsbasen udgør en vigtig del af et CBR-system. Den består af lagrede sager (fortilfælde) samt noget generel viden. Den er struktureret på en for emnet hensigtsmæssig måde som skal sikre, at informationen kan genfindes.

Det er en vanskelig opgave at strukturere den viden som skal lægges ind i sagsbasen. Sagsbasen kan være baseret på forskellige lagringsmodeller. Et par af disse modeller beskrives i afsnit 4.3.9. Viden kan lagres som modulær viden. Modulær på en måde, som for det meste svarer til en for mennesket naturlig opdeling af viden. Den indlagte viden kan bestå af formel og såkaldt heuristisk viden. Det sidste er en viden der bygger på intuition og erfaring. Det kan eksempelvis være en række tommelfingerregler, som benyttes ved problemløsning.

Ræsonnør (eller inferensmaskine)

Kan forklares som en regelfortolker eller ræsonnementsmaskine (eng. inference=følgeslutning). Ræsonnøren er et almindeligt, relativt lille algoritmisk program, typisk skrevet i et højniveausprog (som eksempelvis LISP eller PROLOG) som kan pege på løsningsmuligheder til et problem, ved at fortolke nogle indlagte kriterier, regler etc. Der indgår således i CBR-metoden nogle kriterier, gående på *sammenfald* af problemformuleringer inden for visse fraktiler. Disse kriterier skal opfyldes, for at ræsonnøren vil genfinde en løsning til et fortilfælde, gemt i sagsbasen, som løsningsforslag til en ny problemstilling. Ræsonnøren er den enhed som udfører den vitale del af en opgave som skal løses ved hjælp af et CBR-system, nemlig det egentlige ræsonnement baseret på eksisterende lagrede sager. Det er ræsonnøren som gør forarbejdet inden der gennem brugergrænsefladen præsenteres et (eller flere) løsningsforslag for brugeren af systemet.

Man kan sige, at den i sagsbasen lagrede viden er "aktiv", da der findes kriterier (og generel viden) for, hvornår en sag skal genfindes af ræsonnøren. Hvis man drager en sammenligning til databasesystemer så oplagres dér kun passiv viden, idet brugeren selv skal komme med oplysninger om, hvordan et eventuelt problem skal løses på baggrund af de i databasen lagrede oplysninger.

Brugergrænsefladen

Brugergrænsefladen består af to dele: en del til konsultation og en del til udvikling.

I konsultationsdelen foregår brugerens dialog med systemet, det vil sige brugeren kan få svar på sine spørgsmål. Denne del bør være meget brugervenlig med mus, ikoner, vinduer, grafik m.v. der gør kommunikationen let. Dialogen bør endvidere foregå i et naturligt sprog. Brugeren skal her besvare eventuelle spørgsmål stillet af CBR-systemet. Det kan være spørgsmål gående på skærpede eller reducerede kriterier for problemets beskrivelse og løsning el. lign. Disse svar etc. gemmes i systemet og ræsonnøren foretager ræsonnementer som kan føre dialogen videre for til sidst at ende ud med en præsentation af et antal løsningsforslag. Et af disse forslag udvælges af brugeren og modificeres med hjælp fra systemet frem til et konkret løsningsforslag. Dette foreslås som løsning på problemet. Denne løs-

ning skal dog normalt testes og revideres før den igen, med hjælp fra systemet, kan gemmes i systemets sagsbase til nytte for fremtidige problemers løsning. I konsultationsdelen skal det også være muligt for brugeren at få svar på, hvordan systemet kom frem til en løsning, et svar el. lign., det vil sige systemet skal indeholde viden om sine egne ræsonnementer.

Udviklingsdelen er en grænseflade til informations- og videnopsamling, en slags støttesystem, der gør det muligt for en bruger at lægge ny viden (nye sager, generel viden) ind i systemet. Det er en vigtig del af et CBR-system. Udviklingsdelen består af:

- En editor som også tjekker syntakser og at strukturen for indlæsning af nye sager overholdes.
- Tjek af konsistens mellem lagrede sager og sikring mod dobbeltlagring hvor dette ikke er tilsigtet.
- Mulighed for test af hele sagsbasen
- Eventuel brug af grafik, f.eks. til at vise strukturen i sagsbasen.

Hvordan foregår indlæring i et CBR-system. Dette belyses lidt nærmere i følgende afsnit.

4.3.5 Indlæring i CBR-systemer

En vigtig egenskab ved CBR er metodens kobling til "lærdom". Den drivende kraft bag CBR-metoden er i vid udstrækning kommet fra området "maskinindlæring". CBR anses da også for at være et delområde af dette område. Begrebet CBR betegner således også et "maskinindlærings" paradigme som muliggør forstærket indlæringsevne ved at opdatere sagsbasen efter et problem er blevet løst. Lærdom i et CBR-system opnås som et naturligt "biprodukt" af problemløsning. Dette kræver lidt nærmere forklaring. Når et problem er løst med et tilfredsstillende resultat, skal den opnåede erfaring bevares i CBR-systemets sagsbase, med henblik på at løse lignende problemer i fremtiden. På den anden side, når et forsøg på at løse et problem slår fejl, identificeres årsagen til fejlen og huskes ligeledes i systemet med henblik på at undgå lignende fejlløsninger i fremtiden. På denne måde opnås "lærdom" i et CBR-system.

CBR-metoden favoriserer altså indlæring gennem gjorte erfaringer. Denne indlæringsmetode kan genkendes fra mennesker når de skal indlære nyt

stof. Et eksempel herpå kan illustreres således. En lærer underviser en flok studerende i noget kompliceret teoretisk stof. Det kunne eksempelvis være indenfor området "Ikke-lineær Finite Element Metode". Læreren giver undervisningen i en "generaliserende" form, idet han bedyrer overfor de studerende, at metoden kan anvendes til en række forskelligartede problemstillinger som spændings-/tøjningsundersøgelser for bærende konstruktioner, temperaturfordelinger i varmesystemer, trykfordelinger i hydrauliske anlæg etc. Efter forelæsningen har de studerende modtaget en mængde teoretisk stof som gør (burde gøre) dem i stand til at beregne f.eks. tøjninger i en bærende konstruktion ved hjælp af metoden. Men oftest er det først efter en efterfølgende eksempelberegning af et *konkret problem*, at de studerende føler sig i stand til selv, på egen hånd, at kunne foretage en beregning af et lignende problem.

Denne måde som CBR-metoden baserer begrebet "indlæring" på, bygger på en erkendelse der er hentet fra filosofien, se f.eks. Anderson [1983], Tulving [1972] eller Smith and Medin [1981].

Det er nævnt, at et CBR-system også bør indeholde noget generel viden, ud over den viden som er lagret i de gemte sager (fortilfælde). Lad os se lidt på denne generelle viden.

4.3.6 Kombination af lagrede sager med generel viden

Ved at undersøge teoretiske og eksperimentelle resultater fra den kognitive psykologi er det fundet, at menneskelig problemløsning og indlæring generelt er processer som involverer repræsentation og udnyttelsen af *flere typer* viden og kombination af flere ræsonnementsmetoder. CBR-metoden må derfor også indbefatte noget andet og mere generel viden end den viden der er bundet i de lagrede sager. Opbygning af struktur og type af generel viden i CBR-systemer, er et aktuelt emne for CBR-forskningen [Strube, 1991].

I CBR-systemet PROTOS blev der, jvf. Bareiss [1989], således lagt vægt på at integrere generel fagspecifik viden og sagsrelateret viden i en forenet struktur. Kombinationen med sagsrelateret viden og generel viden blev yderligere dyrket i systemet GREBE, et system til støtte indenfor området jura [Branting, 1991]. Et tredje CBR-system med kombinationen af sagsrelateret og generel viden blev udført af Edwina Rissland og hendes gruppe

på Massachusetts universitet, Amhearst. Med flere juraforskere i gruppen var de interesseret i præcedens-overvejelser i retsager. Sager (fortilfælde, her altså præcedens) benyttes her *ikke* til at give et enkelt svar, men til at *fortolke* en situation i retten og til at producere og vurdere argumenter hos begge parter i sagen. Dette resulterede i systemet HYPO [Ashley, 1991] og senere i det kombinerede CBR og regelbaserede system CABARET [Skalak and Rissland, 1992].

Man kan endvidere forestille sig et konkret eksempel på hvordan generel viden influerer på et CBR-systems virkemåde. Haves således et CBR-system der eksempelvis støtter folk i at projekttere broer, så vil systemet typisk forsøge at genfinde tidligere løsninger udfra en af brugeren given *input-beskrivelse* af den nye problemstilling. Denne sammenholdes nu, af CBR-systemet, med en række opstillede regler og *kriterier* der skal være opfyldt for at systemet vil hente en sag fra sagsbasen. Indeholder et sådant beskrevet CBR-system udelukkende viden som er repræsenteret ved de gemte sager (fortilfælde), så kan kombinationen af input-beskrivelse og kriterier resultere i, at systemet præsenterer f.eks. syv løsninger for brugeren af systemet. Derimod, hvis systemet også havde indeholdt noget fagspecifik generel viden, så havde en eller flere af de syv sager måske været i modstrid med en viden som systemet bar på i sin generelle videndel og den eller disse løsninger ville systemet så ikke præsentere for brugeren af systemet.

4.3.7 Et scenarium over brug af et CBR-system

Lad os antage, at der findes et CBR-system til støtte af beregning af broers statik.

Der kan i CBR-systemet være indlagt nogle kriterier gående på "Broens spændvidde=". Endvidere kan der i systemet være et indledende kriterium om, at der skal søges løsninger til en ny sag (et nyt problem) blandt eksisterende sager (fortilfælde), hvor spændvidden er *sammenlignelig* med den nye sags spændvidde. Spændvidden på en tidligere udført bro, skal eventuelt falde indenfor en 25 % fraktil i forhold til den nye sags spændvidde for, at systemets ræsonnør vil fremfinde denne sags løsning. Dette kriterium kan blot være et blandt en række andre kriterier, og kriteriet her i eksemplet med spændvidden kunne have sin berettigelse udfra et efterfølgende kriterium. Et efterfølgende kriterium kunne gå på *brotypen*. Der skal

således ikke fremfindes en løsning med en hængebro for en spændvidde på eksempelvis 30 m. Når en række på hinanden følgende kriterier af nævnte karakter er opfyldt, kan det ende op med, at CBR-systemet returnerer en række mulige løsningsforslag. Disse vil blive præsenteret for brugeren af systemet i en struktur som nu engang er valgt i det pågældende CBR-system.

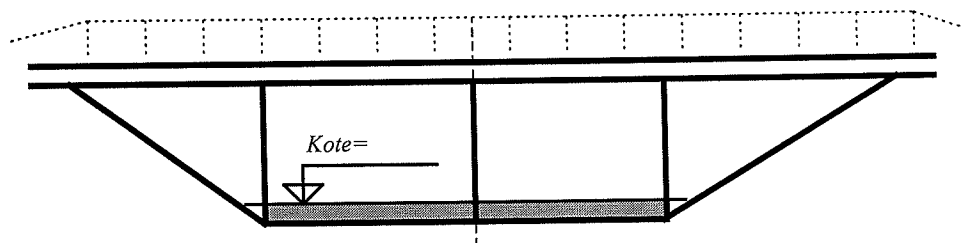
Sager/løsninger kan hentes frem alene på baggrund af problembeskrivelsen. Lagrede sager som matcher et nyt problems beskrivelse er naturligvis gode kandidater til at blive hentet frem af systemet. Men, afhængig af CBR-systemets opbygning, kan lagrede sager som matcher en given fraktion af input-egenskaber ved problembeskrivelsen også blive hentet frem. Vurderinger af om en sag skal hentes frem fra sagsbasen kan også være mere "videnfølsom". Dette kan eksempelvis være tilfældet, hvis systemet forsøger at forstå problemet dybere og benytter mål, bindinger og generel viden fra en uddybende proces som guide for en matchning. En anden mulighed er at *vægte* de kriterier der går på sammenfald af problemkarakteristika, afhængig af deres betydning for at karakterisere problemet. Et eksempel på dette kunne være PROTOS-systemet hvor hvert kriterium i en lagret sag er tilknyttet en *betydningsgrad* for løsningen af problemet.

Når CBR-systemet her i eksemplet med broprojekteringen skal støtte en bruger i at finde en løsning på et nyt broprojekt, skal systemet først "fodres" med en problembeskrivelse. Ud fra denne problembeskrivelse kan systemet nu, via ræsonnøren, fremfinde en række lignende problembeskrivelser med tilhørende løsninger. Et hierarkisk udvælgelsesmønster baseret på de opstillede kriterier ligger til grund for fremfinding af disse løsninger. Et eksempel på et udvælgelsesmønster kunne se ud som vist i figur 4.15 for eksemplet med broprojekteringen. Systemet skal åbne for, at der kan slækkes på nogle af kriterierne, eller helt udelades, for at ræsonnøren henter et større antal løsningsforslag og præsenterer disse for brugeren. Brugeren kan nu vurdere disse forslag og eventuelt tilføje nogle flere kriterier gennem systemets konsultationsdel, hvorved nogle af de foreslåede løsninger vil blive kasseret og antallet af præsenterede løsningsforslag dermed indskrænkes.

Spændvidde : 25 til 30 m

Tilladelige belastninger : Skærver 5 kN/m^2
Bærelags-asfalt $3,5 \text{ kN/m}^2$
Toplag $1,0 \text{ kN/m}^2$
Trafiklast 35 kN/m^2
Naturlaster, sne $1,0 \text{ kN/m}^2$

Skitse:



(Løsningsforslag 2) Stålbuebro

Stålkvalitet : Fe 410 B, kvalitet B

Varmforzinkning : Til klasse B, 50 my mm

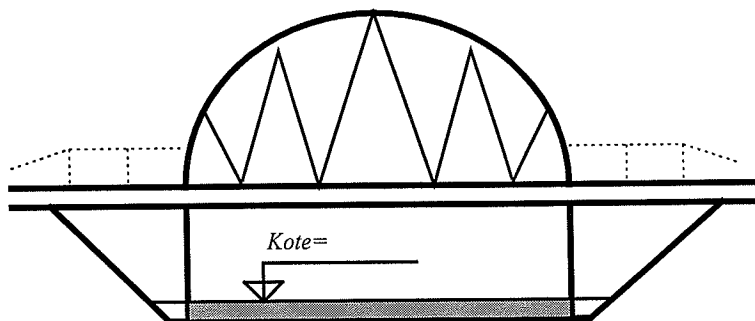
Profildimensioner : Hovedbue $\text{Ø}300$, krumningsradius =
 14 m , $t=30 \text{ mm}$
Tænger i bue, $\text{Ø}180$, $t=16 \text{ mm}$

Centerlinie : Jvf. plantegning nr. B-10(00)03

Spændvidde : 23 til 32 m

Tilladelige belastninger : Skærver 5 kN/m^2
Bærelags-asfalt $3,5 \text{ kN/m}^2$
Toplag $1,0 \text{ kN/m}^2$
Trafiklast 35 kN/m^2
Naturlaster, sne $1,0 \text{ kN/m}^2$

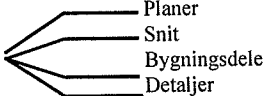
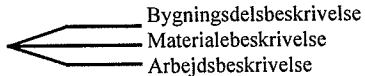
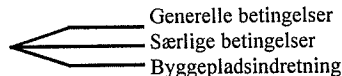
Skitse:



En af de af systemet foreslåede løsninger skal nu genbruges, herunder ofte justeres og uddybes, før det kan bruges som et konkret løsningsforslag til den nye broopgave. Det herved opnåede løsningsforslag skal nu testes og revideres yderligere, eventuelt på tidligere gjorte erfaringer (konsekvenser) opnået gennem lignende løsninger på lignende problemer. Nu haves en endelig løsning. Alt dette gøres typisk gennem CBR-systemets konsultationsdel, idet systemet fører en dialog med brugeren gennem disse beskrevne justeringer af forslag, tests og revisioner frem til den endelige testede løsning. Den endelige, testede løsning lagres til sidst i CBR-systemets sagsbase, gennem systemets udviklingsdel, og ny viden er tilført systemet.

4.3.8 Behov for strukturering af lagrede sager

Fra eksemplet fra før er det åbenlyst, at den *struktur* som lagrede sager er præsenteret i, er betydende for hvor let disse kan genbruges som løsning til et nyt problem. Det må således være et ønske, at den form som *eksisterende* sager lagres i, svarer til den form som ønskes ved løsning til det nye problem. Et eksempel herpå kunne være projektering af et nyt boligbyggeri. Her gælder i større eller mindre omfang en standard for, hvorledes projektet skal være struktureret, eksempelvis

- Tegninger 
 - Planer
 - Snit
 - Bygningsdele
 - Detaljer
- Beskrivelser 
 - Bygningsdelsbeskrivelse
 - Materialebeskrivelse
 - Arbejdsbeskrivelse
- Betingelser 
 - Generelle betingelser
 - Særlige betingelser
 - Byggepladsindretning

Det er altså et kardinalpunkt for et CBR-system, at sagsstrukturer er gennemtænkte og i overensstemmelse med de aktuelle behov gældende for fagområdet systemet er udviklet til. Dette er ikke mindre vigtigt, når det erindres, at en ny sag skal "huskes" af systemet, i henhold til de udvælgelseskriterier som gjaldt da en løsning skulle findes. Ønsket er naturligvis, at så lidt som muligt skal ændres ved beskrivelsen af den nye sags løsning, før den kan lægges ind i CBR-systemet.

I Kolodner [1993] tages der også fat på spørgsmål med hensyn til at repræsentere en sags indhold. Specielt fokuseres der på disse fire spørgsmål: 1. Hvilket indhold bør en sag have, 2. Hvilken slags viden behøver en sag, 3. Hvilke formalismer og metodikker er passende for at repræsentere sager og 4. Hvordan kan vi overskue sagers grænser, og hvordan kan de opdeles i bidder af den rigtige størrelse. De første to spørgsmål vil blive behandlet her. Endvidere gives nogle eksempler på sagsrepræsentation i tre bygningsspecifikke CBR-systemer.

4.3.8.1 Hvilket indhold og hvilken slags viden behøver en sag ?

De umiddelbare svar på det første delspørgsmål, som folk almindeligvis anerkender som vigtigt, er *beskrivelsen af problemet* og *beskrivelsen af dets løsning*. Ifølge Kolodner [1993] kan nye problemer løses på en sagsbaseret måde med disse to dele ved først at finde en relevant sag ved at vælge den sag hvis problembeskrivelser passer bedst til den nye situation og derefter tilpasse løsningen på det problem til den nye situation.

Et eksempel på denne todelte struktur kunne være CASEY-systemet, et diagnosticisk CBR-system hvis sager indeholder problemer og løsninger [Kotton 1989]. Ved diagnosticering af problemer bruger systemet først beskrivelsen af det nye problem som inddata. Dernæst finder det den sag i hukommelsen der passer bedst ved at sammenligne det nye problem med beskrivelserne af gamle problemer. Systemet tilpasser derefter løsningen til den bedst passende tilsvarende sag for at kunne benytte løsningen til det nye problem.

Den beskrevne todelte struktur har imidlertid nogle begrænsninger. Kolodner [1993] siger "I situationer med mange ubekendte kan det at bruge ræsonnementer baseret på sager der kun registrerer problemer og løsninger imidlertid føre til alvorlige unøjagtigheder. Specielt hvis man kun benytter uvurderede løsninger på gamle sager når nye løsninger foreslås, er det lige så let at foreslå dårlige som gode løsninger. CASEY er så nøjagtig fordi de

eneste løsninger det lagrer er gode løsninger og fordi dets områdemodel er temmelig akkurat.”

I komplekse områder, hvor meget er ukendt eller uforudsigeligt, er den to-delte struktur ikke tilstrækkelig, dvs. modellen er ufuldstændig og laver fejl på grund af mangel på vital viden. En ræsonnør indenfor komplekse områder skal være i stand til at analysere hvorvidt en foreslået løsning ser ud til at virke eller ej. For at være i stand til at analysere skal *konsekvenserne* forårsaget af valgte løsninger også repræsenteres i sagerne. Konsekvenser inkluderer viden om følgende spørgsmål: Hvad skete som resultat af at anvende løsningen? Var det vellykket? etc. Dvs. en tilbagemelding på sagerne. Med konsekvenser inkluderet i sager kan en ræsonnør foreslå løsninger som virkede og bruge sager med mislykkede løsninger til at advare om potentielle fejl [Kolodner, 1993]. Kortfattet, der er således tre dele til en sag:

1. Beskrivelse af problem/situation.
2. Løsning
3. Konsekvenser

Repræsenteres sager efter denne tredelte sagsstruktur haves en fornuftig ramme for systemets ræsonnør. Naturligvis er de informationer der er indkodet i hver af disse komponenter meget vigtige for et effektivt ræsonnement. Således er en sags problembeskrivelse lige så nyttig for ræsonnøren som de informationer løsningen dertil og konsekvenser af samme rummer. De tre dele bør gives lidt mere opmærksomhed. Indholdet af de tre dele kan kort sammenfattes på følgende måde:

Beskrivelse af problem/situation

Beskriver problemet på det tidspunkt hvor det blev kendt. Beskrivelsen kan underopdeles i 1. Mål der skal opnås ved at løse problemet, 2. Bindinger på disse mål og 3. Problemsituationens karakteristiske træk og forbindelser mellem dets dele.

Løsning

Beskriver den endelige løsning på problemet der er specificeret i problembeskrivelsen. Informationerne der svarer til løsningen kan underopdeles i 1. Selve løsningen, 2. Ræsonnements-trinnene der bruges til at løse problemet, 3. Samlingen af begrundelser for beslutninger der blev truffet ved løsningen af problemet, 4. Acceptable løsninger som ikke blev valgt, 5. Uac-

ceptable løsninger som blev udelukket og 6. Forventninger om hvad en udnyttelse af løsningen vil resultere i.

Konsekvenser

Beskriver situationen på det tidspunkt hvor løsningen blev gennemført. Informationerne kan underopdeles i 1. Selve løsningen, 2. Hvorvidt løsningen indfrie eller skuffede forventningerne, 3. Hvorvidt løsningen var en succes eller en fiasko, 4. Forklaring på de skuffede forventninger og/eller fiasko, 5. Vedligeholdelsesstrategi, 6. Hvad kunne være gjort for at undgå problemet og 7. Henvisning til næste forsøg på løsning

4.3.8.2 Eksempler på sagsrepræsentation i CBR-systemer

Dette underafsnit giver en kort beskrivelse af nogle bygningsrelaterede CBR-systemer: ARCHIE/ARCHIE-2, CADRE og SAM.

ARCHIE/ARCHIE-2 (Bygningsdesign)

ARCHIE blev udviklet til at være en hjælp for arkitekter. Idéen var at arkitekten skulle specificere sit problem for ARCHIE som så erindrer sager og præsenterer dem for arkitekten. Arkitekten skulle så løse problemet ved at bruge sagerne som vejledning. Figur 4.16 viser et billede af en typisk sag fra ARCHIE. Repræsentationen af sager i ARCHIE er en tredelt struktur. Således er sagerne underopdelt i *problemspecifikation*, *løsning* og *konsekvenser*. I figur 4.16 er disse tre dele repræsenteret i henholdsvis kolonne 1, 2 og 3.

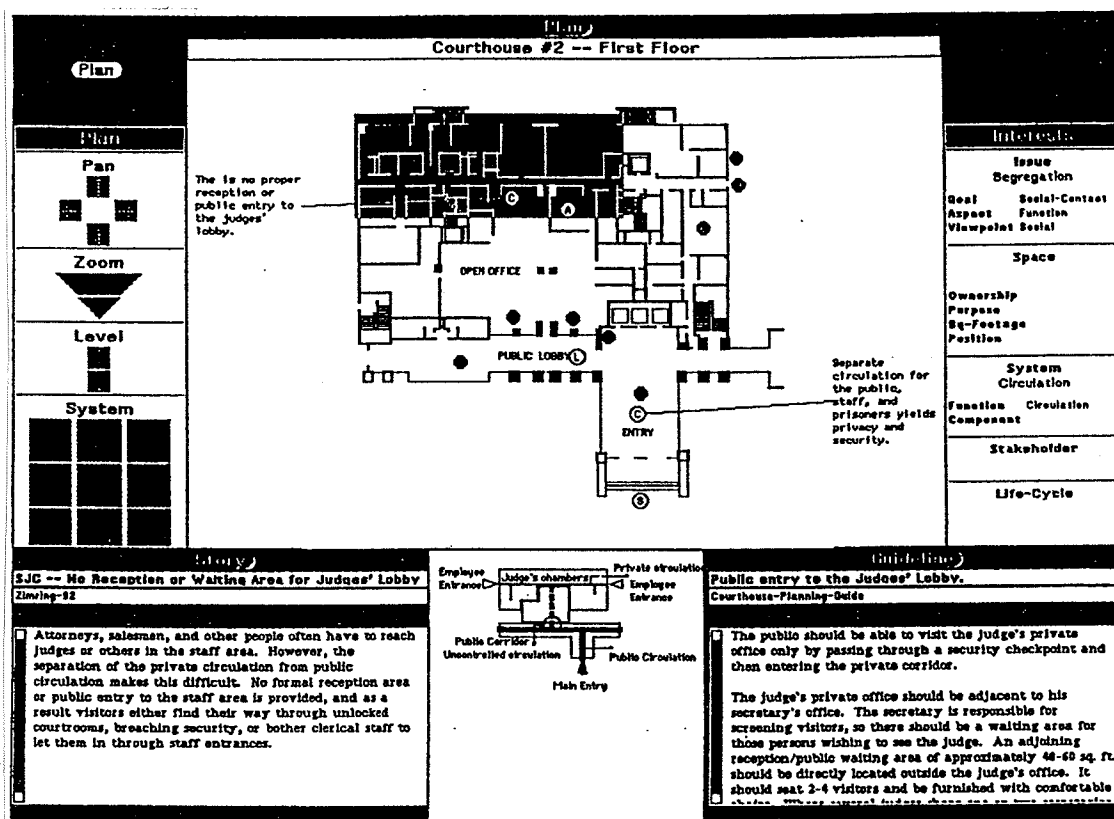
Goal	Plan	Result
O-GOAL: Organization Type Academic Office O-GOAL: Group Interaction Semi-Important O-GOAL: Face to Face Contact Semi-Important O-GOAL: Frequency of Visitors Frequently O-GOAL: Time at Office Frequently O-GOAL: Time in Meetings Infrequently O-GOAL: Image Importance Trivial O-GOAL: Information Sources Computer Face to Face File O-GOAL: Outside Communication Frequently O-GOAL: Computer Use Important O-GOAL: Lab Space Important O-GOAL: Security Requirements Highly Secure O-GOAL: Growth Need Semi-Important O-GOAL: Budget N/A C-GOAL: Floor Layout Closed C-GOAL: Gross Area N/A C-GOAL: Total Area N/A F-GOAL: Adjustability Trivial F-GOAL: Aesthetics Semi-Important F-GOAL: Furniture Budget N/A F-GOAL: Modularity Not a Factor F-GOAL: Storage Needs Important F-GOAL: Storage Needs-Books Semi-Important F-GOAL: Storage Needs-Files Not a Factor F-GOAL: Worksurface Area (sq ft) 15	Case Name CIRCA C-PLAN: Ambient Lighting Type Fluorescent C-PLAN: Natural Lighting Amount Majority Natural Light C-PLAN: Natural/Artificial Lighting Ratio 0.50 C-PLAN: Number of Floors 5 C-PLAN: Space Shape Angular C-PLAN: Total Area 5500 P-PLAN: Group Layout One Group P-PLAN: Workgroup Division Core Border P-PLAN: Workgroup Shape Angular P-PLAN: Common Spaces Copier Room Corridor Lab Area Meeting Room Waiting Room P-PLAN: Number of Conference Rooms-Shared 0 P-PLAN: Number of Conference Rooms-Unshared 1 P-PLAN: Partitions for Manager Permanent Wall P-PLAN: Partitions for Support Staff Furniture P-PLAN: Partitions for Worker Permanent Wall P-PLAN: Partitions Height for Manager To the Ceiling P-PLAN: Partitions Height for Support Staff Desk Level P-PLAN: Partitions Height for Worker To the Ceiling P-PLAN: Area of Manager Office 250 P-PLAN: Area of Support Staff Office 200 P-PLAN: Area of Worker Office 150 F-PLAN: Furniture for Manager Traditional F-PLAN: Furniture for Support Staff Traditional F-PLAN: Furniture for Worker Traditional F-PLAN: Has Task Lighting? False F-PLAN: Adjustable? False F-PLAN: Modular? False F-PLAN: Shared Workspace No Space F-PLAN: Storage Types File Drawers Floor Shelves Pedestals	O-OUTCOME: Individual Satisfaction Highly Satisfied O-OUTCOME: Group Interaction Unplanned Interaction O-OUTCOME: Distraction Control Highly Controllable O-OUTCOME: Distraction Frequency Infrequently O-OUTCOME: Accessibility Difficult to Access O-OUTCOME: Noise Level Background Noise O-OUTCOME: Privacy-Auditory High Privacy O-OUTCOME: Privacy-Visual High Privacy O-OUTCOME: Security Highly Secure C-OUTCOME: Lighting Quality Good Lighting C-OUTCOME: Lighting Quality-Artificial Good Lighting C-OUTCOME: Lighting Quality-Natural Satisfactory Lighting C-OUTCOME: Lighting Problem Comments*Glare is a C-OUTCOME: Air Problem Comments*Individual C-OUTCOME: Air Quality Moist C-OUTCOME: Air Temperature Good Temperature C-OUTCOME: Color Scheme Aesthetics Agreeable P-OUTCOME: Partition Cost for Manager 0 P-OUTCOME: Partition Cost for Support Staff 0 P-OUTCOME: Partition Cost for Worker 0 P-OUTCOME: Partition Design Aesthetics Agreeable P-OUTCOME: Partition Finish Aesthetics Bland F-OUTCOME: Furniture Cost for Manager 8000 F-OUTCOME: Furniture Cost for Support Staff 4000 F-OUTCOME: Furniture Cost for Worker 4000 F-OUTCOME: Total Cost 80000 F-OUTCOME: Within Budget? N/A F-OUTCOME: Adequate Space? Agree F-OUTCOME: Adequate Storage? Strongly Agree F-OUTCOME: Ease of Adaptability Agree F-OUTCOME: Furniture Color Aesthetics Bland F-OUTCOME: Furniture Design Aesthetics Agreeable F-OUTCOME: Furniture Finish Aesthetics Agreeable

Figur 4.16. En sag fra ARCHIE [Kolodner, 1993].

ARCHIE's sager repræsenterer viden om bygningsdesign. Og alle retningslinier for hvad der skal inkluderes i problemspecifikation, løsning og konsekvenser følges i denne repræsentation. Men noget mangler. Skønt ARCHIE's ramme giver et godt grundlag for en computer til at tyde informationerne, synes skemaet i figur 4.16 ikke at være egnet for menneskelig tolkning. I sagsbeskrivelsen er der for mange informationer, og de gives ikke i en letfattelig form.

Beskrivelsen af en sag bør ske i en form der er let tilgængelig for mennesker. Somme tider betyder det billeder, somme tider tekst, tegninger, diagrammer, videoer etc. Vi kan forestille os hvad en arkitekt behøver at se på for at "forstå" en sag, og ARCHIE sørger rent faktisk for at vise noget af det. Et bygningssystem, og ethvert system der behandler genstande som skal visualiseres, burde lagre et billede af dets løsning ud over en beskrivelse af det. Billedet tillader brugeren at visualisere løsningen og kunne også være midlet til at integrere det sagsbaserede system med et CAD-system.

Et eksempel på et system som gør det bedre end ARCHIE er ARCHIE-2-systemet, ARCHIE's efterfølger. ARCHIE-2 er bygget op om brugernes behov. Figur 4.17 viser et billede af dets præsentationsstil. Som vist på figuren er den centrale og største del af ARCHIE-2's skærm forbeholdt den grafiske præsentation af bygningen. På figuren vises den som en plantegning, men perspektiver og fotografier kunne tjene samme formål. Diagrammerne er markeret i henhold til de lektioner systemet kan "undervise" brugeren i, og disse lektioner er vist som korte kommentarer langs siderne. Brugeren vælger hvilken af lektionerne han eller hun vil se, og en længere beskrivelse af lektionen er tilgængelig i bunden. Ikon-knapper der repræsenterer bygningsfunktioner tillader brugeren at specificere hvilken slags lektioner han eller hun vil se. Knapper til at zoome og vende sider tillader brugeren at manøvrere de tilgængelige diagrammer. De tre kasser langs med venstre side tillader brugeren at specificere den slags designspørgsmål han eller hun er interesseret i.



Figur 4.17. Et skærmbillede fra ARCHIE-2 [Kolodner, 1993].

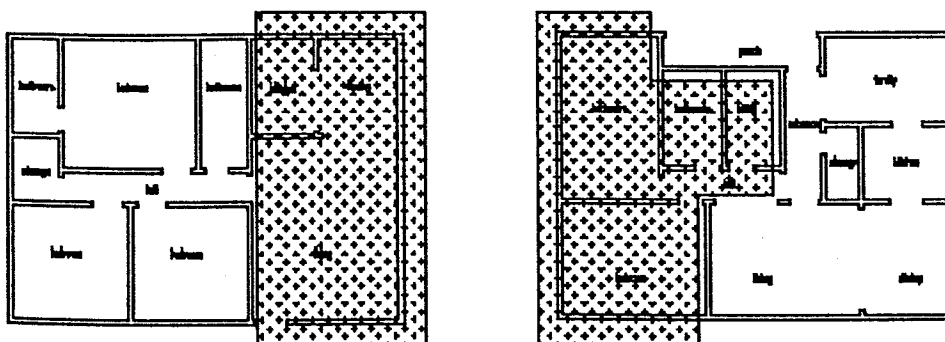
CADRE (Bygningsdesign)

CADRE-systemet er et system hvori *tilpasningen* af tidligere design er det vigtigste. Derfor vil systemet blive beskrevet med fokus på det, i stedet for som tidligere på *repræsentation*. En formulering af sager er gengivet på følgende måde "eksempler på særlige bygninger sammen med et sæt *bindinger* som begrænser de mulige lempelser der kan laves for dem" [EPFL og ETH]. En skelnen mellem to former for tilpasning er gengivet: *måltilpasning*, hvor kun sagens mål ændres, og *topologisk tilpasning*, hvor placeringen og antallet af rum og vægge ændres.

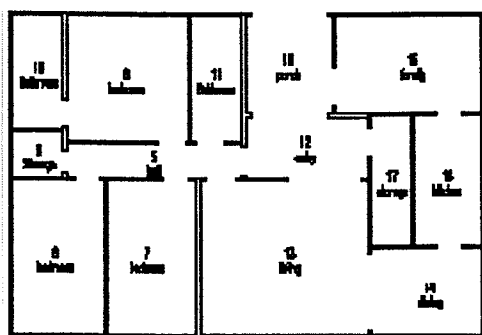
En særlig vanskelighed med begge typer tilpasning er at sagen skal opfylde kriterier der stammer fra mange forskellige *abstraktioner*: rum, konstruktionens stabilitet, ganglinier (personflow), etc. Sagen skal tilpasses på en måde så den forbliver i overensstemmelse med alle disse abstraktioner. En

proces er undersøgt hvor de bindinger, der udtrykker de tilladelige *ændringer* først løses for at opnå et "bundet system" som er så enkelt som muligt. Selv for en bygning med adskillige hundrede dimensioner som kan ændres, er der mindre end 5 faktiske graders frihed tilbage [EPFL og ETH]. Komplexiteten af tilpasning er derfor let at styre så den kan udføres af brugeren på en interaktiv måde.

Prototypesystemet CADRE er blevet testet på eksempler af realistisk kompleksitet. Figur 4.18 og 4.19 viser et eksempel på en tilpasning af en layout udført af programmet. Brugeren har specificeret kombinationen af de ikke-skyggede dele af de to viste sager. Sagen til venstre kaldes *værtssagen* hvilket betyder at den dominerer i tilfælde af konflikter, og sagen til højre er en *gæstesag* som er tilpasset til at passe værts-sagen. En af løsningerne der foreslås af CADRE, og bruger både måltilpasning og topologisk tilpasning, vises i figur 4.19 [EPFL og ETH].



Figur 4.18. Sagsfragmenter som skal kombineres og tilpasses af CADRE. Fra [EPFL og ETH].



Figur 4.19. Resultat af tilpasning. Fra [EPFL og ETH].

SAM (Konstruktionsprojektering)

SAM er et eksempel på en Case-based “projekteringsbrowser” som repræsenterer projekter vedrørende bygningskonstruktioner. SAM er udviklet ved Key Centre of Design Computing, University of Sydney og projektet ledes af Mary Lou Maher. Browseren hjælper brugeren med at søge, browse eller bidrage til sagshukommelsen. Alle lagrede projekter struktureres ensartet således: *Projekt* der beskriver projektteamet og bygherren, opgave, byggeår, omkostninger etc. *Bygning* med information om bygnings-type, form, jordbundsforhold etc. *Primær struktur*, herunder information om materialer, tagkonstruktion, søjler, sokler etc. *Projektkrav* der beskriver krav som skal overholdes, *Konstruktive løsninger* der beskriver flere alternativer der er overvejet under projekteringen og den *Endelige løsning* hvor en beskrivelse af de valgte løsninger gengives på samme måde for alle projekterne. Systemet indeholder ingen ræsonnør (ræsonnementsmaskine) og er således ikke et rigtigt CBR-system men et “Case-based designsystem”. Tidligere projekter præsenteres blot for brugeren i en ensartet struktur, som gør systemet velegnet til at søge, browse og indarbejde ny information. De informationer som er lagret i projekterne er undersøgt nærmere og er fundet for overordnede til at kunne bruges direkte som grundlag for løsning af en ny opgave. Men en inspiration kan hentede sager fra SAM da give. Desuden virker den struktur som projekterne lagres i fornuftig.

4.3.9 Modeller til brug for lagring af sager

Efter denne introduktion til CBR-systemer samt omtalen af behovet for struktur i de lagrede sager, skal der nu ses på et par lagringsmodeller. Der omtales i dette afsnit lidt nærmere, et par af de modeller der benyttes til at lagre sagers problembeskrivelser og tilhørende løsninger efter. De to modellens engelske betegnelse er henholdsvis “The Dynamic Memory Model” og “The Category & Exemplar Model”. Begge modeller beskrives i kort form nedenfor.

A. The Dynamic Memory Model

Den grundlæggende idé i denne model er, at organisere sager (fortilfælde) med lignende egenskaber i en fælles “klump” (benævnt en *Sagstype*). En sagstype indeholder tre forskellige dele:

1. Norms
2. Indekser
3. Fortilfælde

Ad 1. Norms indeholder generel information og fælles egenskaber for alle de fortilfælde der lagres under denne sagstype.

Ad 2. Indekser sørger for, at der kan skelnes mellem en sagstypes fortilfælde. Et indeks kan pege enten på en mere specifik sagstype, eller direkte på et fortilfælde. Et "indeks" er sammensat af to dele: Et indeksnavn og en indekssværdi. En indekssværdi kan kun pege på et enkelt fortilfælde eller en enkelt sagstype.

Ad 3. Fortilfælde som er selve de lagrede sager

Modellen medfører redundans (det vil sige dobbeltlagring), eftersom der er adskillige stier til ét bestemt fortilfælde eller til én sagstype. En søgeprocedure for genfinding og lagring af fortilfælde beskrives i Aamodt and Plaza [1996] på følgende måde:

Genfinding

Når en ny problembeskrivelse foreligger, og der søges efter det fortilfælde der matcher denne bedst, så sammenlignes den nye problembeskrivelse med lagrede fortilfælde i netværksstrukturen (se figur 4.20). Der startes øverst i strukturen, med SAGSTYPE1. Når en eller flere egenskaber, tilknyttet det nye problem, passer til en eller flere egenskaber i SAGSTYPE1, differentieres der yderligere på baggrund af sagens resterende egenskaber. Til sidst findes det fortilfælde der har flest egenskaber til fælles med den nye problembeskrivelse.

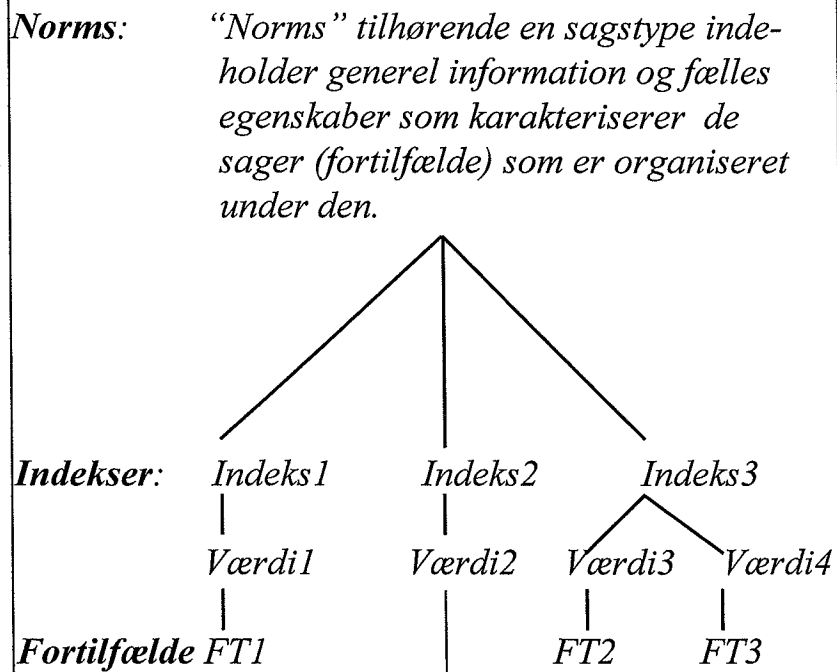
Lagring

Når en ny sag skal lagres, sammenlignes egenskaberne i den nye sag med egenskaberne i eksisterende sager (fortilfælde). Hvis der findes et fortilfælde som svarer til den sag der ønskes lagret, skabes der en ny sagstype. Heri lagres nu begge sagerne. Under denne nye sagstype skelnes der mellem de to sager, ved at *indeksere* dem forskelligt. Memory-strukturen er dynamisk i den forstand, at lignende dele fra to sagsbeskrivelser dynamisk generali-

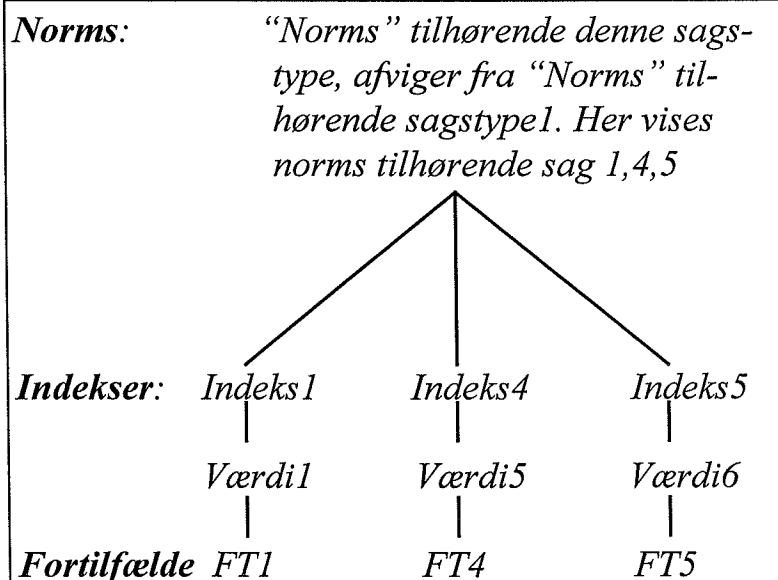
seres til en ny sagstype. Sagerne indekseres under denne nye sagstype, efter deres forskellige egenskaber [Aamodt and Plaza, 1996].

Figur 4.20 giver et billede af modellens netværksstruktur.

SAGSTYPE 1



SAGSTYPE 2



Figur 4.20. Netværksstruktur i The Dynamic Memory Model

B. The Category & Exemplar Model

En alternativ måde at organisere sager i et CBR-systems sagsbase, er udviklet af Ray Bareiss og Bruce Porter og benævnes The Category & Exemplar Model. I Aamodt and Plaza [1996] beskrives PROTOS-systemet, der er baseret på denne model på følgende måde: Der refereres til lagrede sager som *eksempler*. Forskellige egenskaber får her tillagt forskellig betydning med hensyn til at beskrive en sags tilknytning til en kategori. Generalisering af en gruppe af sager (eksempler) bør gøres meget forsigtigt. Dette fundamentale syn på begrebsrepræsentation danner grundlaget for denne model.

I modellen er sagsbasen (se figur 4.21) inkluderet i en netværksstruktur af:

1. Kategorier
2. Egenskaber
3. Eksempler
4. Indeks ("Påmindelser", "Eksempelpeger", "Differenspeger")

Ad 1. En kategori har tilknyttet et antal egenskaber med forskellige betydninger som benyttes til at kunne henhøre sager (eksempler) til kategorien.

Ad 2. En egenskab beskrives i almindelighed ved et navn og en værdi

Ad 3. Eksempler er selve de lagrede sager. Disse er tilknyttet en kategori. Eksempler bliver opdelt efter i hvilken grad de kan være prototyper i en kategori.

Ad 4. Et indeks kan henvise til en sag eller en kategori og findes i tre typer: 1. Egenskabspegere, der peger fra problembeskrivelser (egenskaber) til eksempler 2. Eksempelpegere, der peger fra kategorier til deres tilknyttede "eksempler", og 3. Differenspegere, der peger fra en sag og til de naboer der kun afviger i ét eller et lille antal egenskaber.

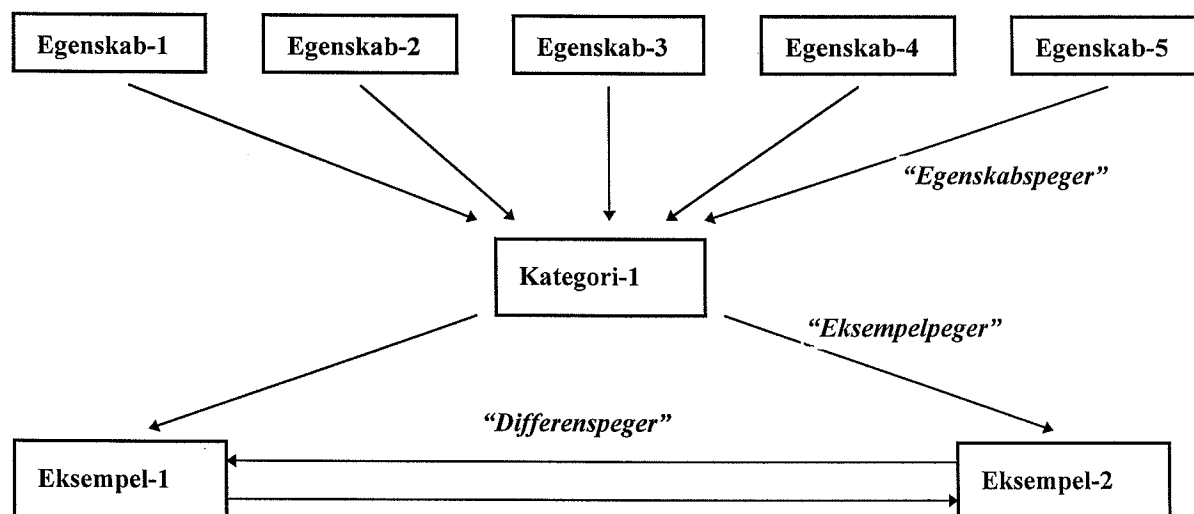
Genfinding

Når der skal genfindes en sag (et eksempel) i denne model, laves en input-beskrivelse ved, at kombinere input-egenskaberne i en ny sag med en peger til den sag eller kategori der deler flest egenskaber [Aamodt and Plaza,

1996]. Når en “påmindelse” peger direkte på en kategori gennemgås pegere til dens mest prototypiske sager (eksempler), og disse sager returneres.

Lagring

En ny sag lagres ved at søge efter en tilsvarende sag og ved at oprette de hensigtsmæssige eller nødvendige egenskabsindekser. Hvis der kun er mindre forskelle mellem en fundet sag og en input-sag, må den ny sag ikke bevares. Alternativt kan de to sager kobles sammen til en. Figur 4.21 omstående side, viser den overordnede struktur i modellen.



Figur 4.21. Strukturen i *The Category & Exemplar Model*

4.3.10 Afsluttende bemærkning

Nærværende afsnit introducerede Case-based Reasoning (CBR). CBR-systemer er værktøjer, som kan støtte mennesker i problemløsninger eller i fortolkninger af problemer, hvor der ikke kan findes en løsning “med to streger under”. Eksempler på anvendelse af CBR-systemer kunne være ingeniørtekniske discipliner, arkitektur-design, juridiske fortolkninger, diagnosticering, vurdering af bankkunders kreditværdighed.

4.4 Integrerede systemer

Dette afsnit introducerer begrebet "Integrerede systemer" som er en betegnelse for informationssystemer, hvormed forskellige applikationer kan udveksle data direkte med hinanden.

Hvad er formålet med et integreret system. Det kan tildels illustreres ved at betragte de forskellige niveauer, som CAD-systemer kan anvendes på. Borchersen [1995] opstiller fire niveauer herfor:

Niveau 1: **Tegnemaskine**

Kun grafiske informationer separeret i lag og filer. En tegning er opbygget af geometrisk entiteter (linier, kurver, symboler og tekst), og en traditionel bygningstegning kan kun forstås, fordi der i byggebranchen er et sæt konventioner for, hvordan den skal læses.

Niveau 2: **Tegnemaskine + grafisk database --> A/N-database**

Grafiske informationer visende egenskabsbærende symboler. Nu tegnes ikke streger, men "objekter" som symbolske bygningsdele, der defineres i symbolbiblioteker og placeres i bygningsmodellen. Alfanumeriske data tilknyttes med pegere fra den grafiske database.

Niveau 3: **Tegnemaskine + grafisk database + A/N-database + applikationer**

Som niveau 2, men med en stærk binding mellem objekterne og mellem objekternes grafiske og alfanumeriske dele styret via applikationer.

Niveau 4: **Det (ideelle) integrerede system**

Systemet kan opbygge en integreret digital model, opbygget med mulighed for:

- funktionstjek, kollisionstjek
- automatisk kobling mellem bygningsdele
- beregninger (rørnet, FEM, mængder, overslag)

Alt sammen styret af applikationer på basis af en struktur med objekter som den egenskabsbærende del.

Integrerede systemer *kan være* bygget op omkring en produktmodel (omtrent svarende til niveau 4). Det i afsnit 4.2 omtalte CMB kan således betragtes som et integreret system. Her vil dog benyttes en lidt “bredere” definition af et “Integreret system”, som ikke nødvendigvis opfylder alle de under niveau 4 nævnte karakteristika. Således vil informationssystemer svarende til de under niveau 3 nævnte karakteristika også her betegnes for et integreret system. Et andet eksempel på et integreret system kunne derfor også være et informationssystem som hviler på Internet-teknologiens muligheder for kommunikation, f.eks. via et neutralt (Web)-udvekslingsformat, hvor forskellige applikationer benytter dette udvekslingsformat til at udveksle information til hinanden, gennem en fælles Web-server. Et tredje eksempel på et integreret system kunne være et CBR-system som kobler forskellige applikationer sammen, som hver især kan bidrage med information baseret på “fortilfælde” til løsning af en samlet projekteringsopgave. I alle eksemplerne kan de koblede applikationer være placeret enten centralt eller fordelt på forskellige virksomheders EDB-systemer.

Når integrerede systemer skal planlægges, kan benyttes forskellige fremgangsmåder. De forskellige fremgangsmåder vil resultere i nuanceforskelle på systemernes evne til at kunne udføre dataintegration og/eller evne til at opretholde semantisk integritet. Der er overordnet tre fremgangsmåder der kan anvendes. Hver især hviler på forskellige måder at udveksle data på, nemlig de tre måder som blev nævnt i afsnit 4.2.3. Det vil sige:

1. Et integreret system baseret på direkte dataudveksling
2. Et integreret system baseret på dataudveksling via et fælles udvekslingsformat
3. Et integreret system baseret på en fælles begrebsmodel (f.eks. en produktmodel)

For de forskellige metoder eksisterer forskellige muligheder for at opretholde semantisk integritet, kollisionstjek, etc. Semantisk integritet er kortfattet beskrevet i [Sørensen, 1997a], og et eksempel på semantisk integritet kunne være det forhold, at information lagres i et informationssystems lokale database i overensstemmelse med det fagområde der lagres information om. Skal information således lagres i en applikation der kan beregne bygningers varmetab, så må U-værdier “ikke kunne” lagres med negative værdier.

Metode 3 er den måde at opbygge et integreret system ved, som bedst sikrer opretholdelse af semantisk integritet. Samtidig er det den måde som bedst svarer til niveau 4 ovenfor. Til gengæld er det også den metode som stiller de største krav til en forudgående informationsmodellering af den centrale model (se evt. afsnit 4.1 og 4.2). Gennem modellen udføres dataudvekslingsopgaver i det integrerede system til og fra de tilknyttede (integrerede) applikationer.

Resten af dette afsnit eksemplificerer begrebet "Integreret system" yderligere, ved at beskrive et eksisterende integreret system. Systemet benævnes IBDS og er et resultat af COMBINE-projektets fase 2. Systemet kører stort set efter den ovennævnte metode 3, dvs. et integreret system baseret på en produktmodel. Dog er der i et vist omfang benyttet en hybrid-metode, idet der også anvendes et fælles, neutralt udvekslingsformat i systemet, dvs. i et omfang også baseret på metode 2.

4.4.1 Et eksempel

Introduktion

COMBINE 2 (COMputer Models for the Building INDustry in Europe, phase 2) er et EU-støttet forskningsprojekt med deltagelse fra 11 europæiske universiteter og forskningscentre. COMBINE 2 er en forlængelse af COMBINE 1, og i alt er der brugt 70 mandeår i perioden 1990 til -95 på projekterne. Efter COMBINE 2's afslutning i maj 1995 var det planen at etablere et nyt toårigt opfølgende projekt, COMBINE 3, hvor udvalgte firmaer fremover skulle benytte COMBINE-projektets metoder og principper i praksis på forskellige byggeprojekter. Dette opfølgende projekt blev dog aldrig bevilget. Projektbeskrivelse ud fra [Sørensen & Jacobsen, 1995]:

Projektbeskrivelse

I COMBINE 2 projektet har man integreret en række eksisterende energi-relaterede applikationer, fra forskellige lande, sammen med et par bygningsorienterede CAD-systemer. Integrationen blev udført på basis af en række EDB-værktøjer/programmer og en central modelkerne (sidstnævnte, benævnt IDM, blev udviklet under COMBINE 1 projektet) hvorved et integreret bygningsprojekteringssystem, kaldet IBDS, blev skabt. Med dette system kunne forskellige forhold i en bygning blive modelleret og analyseret. IBDS-systemet blev delvis designet ved hjælp af kendte teknikker samt

nyudviklede metoder, og det har været muligt at opbygge systemet i praksis ved brug af forskellige kommercielle EDB-programmer samt design- og udviklingsværktøjer. Nedenfor vil de væsentligste komponenter i systemet blive beskrevet kortfattet og i en simplificeret form.

IDM (Integreret datamodel)

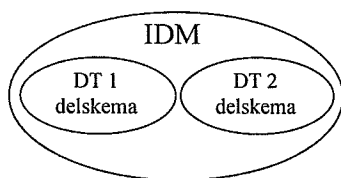
I COMBINE har man struktureret og beskrevet datagrundlaget for hver tilkoblet applikation i nogle lokale delmodeller, kaldet aspektmodeller. Herefter har man sammenholdt disse og har struktureret og integreret alle de databeskrivelser, der er fælles og relevante for to eller flere af applikationerne, i én fælles integreret model, kaldet IDM. I praksis er IDM placeret i en objektorienteret database og implementeringen af de lokale aspektmodeller er forskellige, idet de er afhængige af applikationernes interne datastruktur. Når en applikation skal køres, importeres data fra IDM'en til applikationens lokale aspektmodel, der så udgør datagrundlaget for beregningerne. Ligeledes eksporteres data fra den lokale aspektmodel til IDM når nye data skal tilføjes. Et dataudvekslingssystem styrer dataudvekslingen, og et "Multi-actor" kontrolsystem samt regler og betingelser angivet i IDM'en, forestår rækkefølgen af operationer i dataudvekslingen samt opretholdelse af konsistente data i IDM'en.

Regler og betingelser

Den fælles integrerede model (IDM) og de lokale aspektmodeller er opbygget med en *skemastruktur*, der muliggør, at indbydes regler og betingelser (constraints) mellem data kan defineres. Lokale og globale regler og betingelser skal således efterleves når data lagres.

Delskemaer

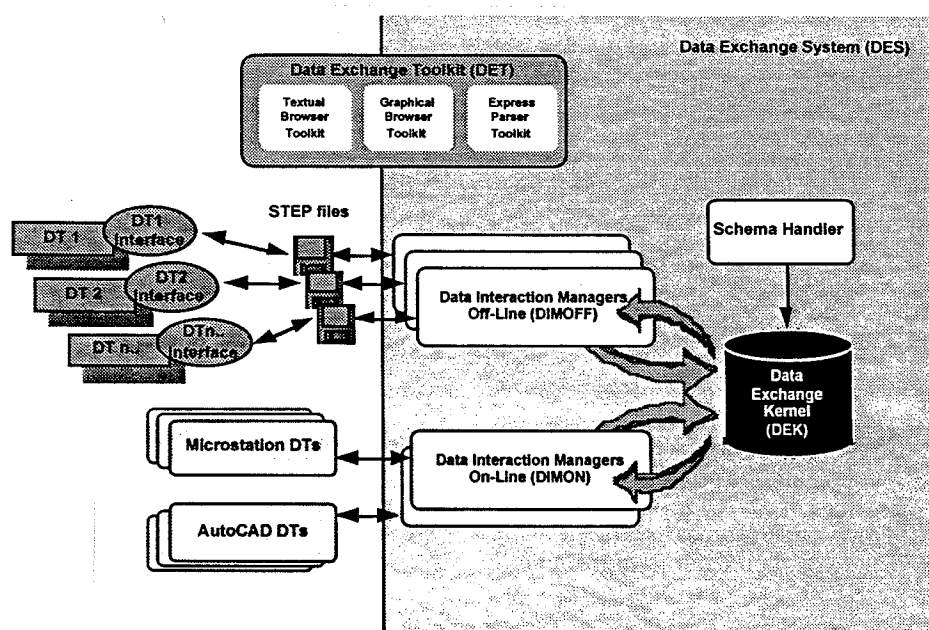
De databeskrivelser i applikationernes aspektmodeller, der er ens i to eller flere af de øvrige aspektmodeller, er defineret som såkaldte *delskemaer*. Delskemaerne udgør en væsentlig del af grundlaget for databeskrivelsen i den fælles IDM og specificerer hvilke data i IDM'en de forskellige applikationer kan udveksle med. Se figur 4.22.



Figur 4.22: Delskemaer i IDM'en

Dataudveksling

Figur 4.23 beskriver COMBINE-projektets dataudvekslingssystem benævnt DES.



Figur 4.23. COMBINE's Data Exchange System (DES). Fra Lockley et al [1994].

COMBINE projektets dataudvekslingssystem, "Data Exchange System" (DES), udgør en central del af systemet. Dataudvekslingssystemet foretager udvekslingen af data mellem IDM'en og applikationerne ved hjælp af et dataudvekslingsværktøj, kaldet et "Data Exchange Toolkit".

Udvekslingssystemet består af en dataudvekslingskerne, benævnt DEK, som har til opgave, at lagre projektdata i overensstemmelse med IDM-

strukturen. Endvidere indgår der i dataudvekslingssystemet en *Schema Handler*, der ved hjælp af delskemaerne specificerer, hvilke data applikationerne behøver ved udvekslingen.

Endelig er der i dataudvekslingssystemet indeholdt henholdsvis en off-line og en on-line *data interaction manager*, hvis fælles formål er, at medvirke til dataudvekslingen mellem dataudvekslingskernen og applikationerne. Nedenfor beskrives henholdsvis off-line og on-line dataudveksling.

- Ved off-line dataudvekslinger, det vil sige, når ikke direkte opkoblede applikationer skal udveksle data med dataudvekslingskernen, sker dette gennem et interface og en "data interaction manager" via STEP-filer. Gennem interfacet udveksles data, v.h.a. "data interaction manager", mellem applikationerne og STEP-filer. Ligeledes udveksles data, v.h.a. denne "data interaction manager", mellem STEP-filerne og dataudvekslingskernen. STEP-filerne fungerer som neutrale udvekslingsformater mellem dataudvekslingskernen og applikationerne.
- Ved on-line udvekslinger (i praksis til/fra CAD-systemerne *MicroStation* og *AutoCAD*) har applikationerne direkte opkobling til dataudvekslingskernen via en on-line "data interaction manager" og der er således ikke her behov for dataudveksling via STEP-filer.

Multi-actor kontrol system

Idet det integrerede system (IBDS) skal kunne servicere flere applikationer samtidigt, har man indbygget et relativt simpelt "multi-actor" kontrol system, der styrer og kontrollerer *rækkefølgen* af dataudvekslingerne mellem dataudvekslingskernen og de forskellige applikationer. Multi-actor systemet består af to separate komponenter, der komplementerer hinanden.

- Den første komponent består af de tidligere nævnte regler og betingelser, der opretholder konsistens i dataudvekslingskernen gennem hele projekteringsprocessen.
- Den anden komponent består af forud definerede regler, der angiver, hvornår en bestemt *aktør* kan udføre en specifik operation. Reglerne indgår i to diagrammer (såkaldte Petri-net). Det ene diagram indeholder alle de aktører (applikationer), der skal kommunikere med systemet og

det andet diagram beskriver, hvornår de forskellige aktører har tilladelse til at kommunikere. De to diagrammer medvirker til styringen af rækkefølgen af de forskellige aktør-operationer.

4.4.2 Afsluttende bemærkning

I COMBINE projektet er udviklet en prototype på et integreret bygningsprojekteringssystem, benævnt IBDS, hvor flere eksisterende beregningsapplikationer deler data, der lagres i en fælles central database. I systemet kan regler og betingelser mellem data delvis specificeres og efterleves, hvorved der opretholdes konsistens og semantisk integritet i databasen.

Systemet kan ikke betragtes som fuldt "intelligent", idet systemet ikke indeholder nogen videnbaseret projekteringsstøtte. Endvidere må systemet betegnes som et fast og stift system, idet den faste struktur af IDM'en samt dataudvekslingssystemets Schema Handlers begrænsede evne til at koordinere flere skemaer, gør det vanskeligt at tilføre systemet nye applikationer. Endvidere indeholder systemet kun meget begrænsede "concurrency" faciliteter, idet ingen af applikationerne kan behandle samme data simultant.

Kapitel 5. Udviklingen i international forskning på området

5.1 Indledning

I de sidste godt tyve år er der udført en række forskningsprojekter inden for computerunderstøttede systemer til byggeindustrien. De fælles mål for disse projekter har været at øge udveksling og integration af informationer der skabes gennem projekteringsprocessen. De fleste projekter har kun fokuseret på en del af processen og har endvidere været begrænset til et specifikt område. I samme periode er der benyttet forskellige angrebsvinkler eller metoder til at udvikle disse computersystemer. Fokus har således været på forskellige metoder som produktmodeller, ekspertsystemer, CBR-systemer, Web-systemer etc. i forskellige delperioder. De forskellige metoder har i nogen grad afspejlet niveauet for den computerteknologi der var tilgængelig på det tidspunkt da de forskellige projekter blev lavet.

I den første del af perioden blev der fokuseret på den *geometriske udformning* af artefakten. Se tabel 5.1. I den følgende periode var ekspertsystemer i fokus. I efterfølgende periode udvikledes den første generation af såkaldte konceptuelle modeller, hvorved teoretiske beskrivelser af en bygning eller en bro kunne laves på et relativt højt abstraktionsniveau. Således var *produktudformningen* i centrum, og definitionen blev "en elektronisk totalmodel af et produkt baseret på en logisk konceptuel datastruktur for alle de informationer der beskriver produktet". I en efterfølgende periode fik forskellige forskere et forskelligt syn på produktmodellen. Se evt. afsnit 4.2. Et fokus på totalmodellen kontra en metode med en fælles modelkerne og et antal sammenkoblede underordnede delmodeller har været to store og dominerende metoder. Den sidste periode er den nuværende. Nøgleordet synes nu at være *kommunikation*. Det er kommunikationen mellem de forskellige deltagere i en design- og konstruktionsproces og mellem forskellige computersystemer der synes at være det mest relevante i øjeblikket. Det sidste fokus er fremkommet på et tidspunkt hvor et enormt antal forskellige computersystemer, inklusive softwareapplikationer, er tilgængelige på et kommercielt niveau. Samtidig er udbredelsen af Internettet på kraftig fremmarch i sektoren.

5.2 Forskningens prioriteringer gennem godt tyve år

I dette afsnit gives et resumé over nogle af de seneste godt 20 års mest kendte forskningstiltag med hensyn til computerunderstøttede systemer for byggesektoren. Et udvalgt antal forskningstiltag præsenteres og de resulterende projekter beskrives i korthed. Beskrivelsen laves på basis af en gruppering af perioden i fem delperioder. Disse delperioder domineres af *geometriske modeller*, *videnbaserede systemer*, *produktmodeller*, *delmodeller* og *kommunikationsmodeller*. Se tabel 5.1. Forklaringer på disse betegnelser angives nærmere.

Tidsperiode	Forskningens tyngdepunkt	Kendetegnende
1975 - 81	Den grundlæggende problematik klarlægges	Geometrien
1982 - 85	Ekspertsystemer dominerer forskernes interesse	Videnbaser og regler
1986 -90	Første generation af produktmodeller (totalmodeller til byggeri)	Produktet
1991 - 95	Skepsis ! (evt. bedre med delmodeller ?)	Delproduktet og integrerede systemer
1995-	Kommunikation og informationsadgang i centrum. Internettet. IFC-objekter.	Kommunikation via Internet

Tabel 5.1. Den internationale forsknings prioriteringer i forskellige tidsperioder.

En kortfattet beskrivelse til de forskellige perioder gives nedenfor.

1975 - 81 Den grundlæggende problematik klarlægges

En håndfuld forskningsgrupper begynder at interessere sig for hvordan man, i digital form, kan strukturere en bygningsbeskrivelse således, at det vil muliggøre en integration af flere forskellige software-applikationer beregnet for projektering.

Det var almindeligt, at disse universitetsbaserede forskningsgrupper blev finansieret af offentlige bygningsorganisationer, for hvem et prototypesystem skulle udvikles.

Den grundlæggende problemstilling, omtalt i kapitel 4, var på dette tidspunkt allerede relativt godt afklaret. Derimod var den tilgængelige datateknik (såvel hardware som programmeringsteknik) slet ikke tilstrækkeligt udviklet til, at kunne etablere en egentlig produktmodel (som en generel *totalmodel*). Man måtte således ofte gå på kompromis med sine ideal-løsninger, for at få udviklet et fungerende system. I stedet for egentlige produktmodeller blev resultatet det man kunne betegne som *geometrimodeller*. I geometrimodeller er den centrale del af modellen *formen* og *geometrien* af det objekt der bliver udformet. Formen fastlægges ud fra geometri, topologi etc. på udvalgte detaljeringsniveauer og typisk ved at anvende prædefinerede typer af dataelementer. De informationer fra *processerne* (analyser, bygningsplanlægning, livscyklusrelaterede processer etc.) der er nødvendige for at lave et helt projekt og efterfølgende konstruktion af det produkt der bliver udformet er ikke inkluderet i modellen. Dette, samt byggeindustriens lave computerniveau i almindelighed, var hovedårsagen til at disse systemer ikke trængte igennem til industrien.

Eksempler på systemer fra denne tid er BDS/GLIDE, OXSYS, SSHA og CAEADS. En kort beskrivelse gives nedenfor for tre af disse systemer.

BDS (Eastman, C. M., 1976)

Et computerimplementeret system kaldet Building Description System (BDS) er det første der beskrives her. I henhold til Björk [1993] var BDS stærke side formrepræsentation (topologi, geometri, lokalitet). BDS var et tidligt bygningsbeskrivelsessystem (en forløber for GLIDE systemet). Det var et generelt system forstået på den måde, at det ikke var bundet til ét bestemt bygningssystem (som OXSYS systemet derimod var). I systemet benyttedes separate repræsentationer af henholdsvis topologi, geometri og lokalisering af de emner der skulle modelleres.

OXSYS (Hoskins, E. M. and Richens, P. N., 1977)

OXSYS systemet var bygget op omkring en central computerimplementeret bygningssmodel som kunne deles af et projekteringssteam [Björk, 1993;

Galle, 1994]. OXSYS-systemet var et integreret CAAD-system som rent faktisk blev anvendt i nogle virkelige projekter, men var skræddersyet til en speciel byggemetode, som anvendtes af sygehusmyndighederne i England. Bl.a. begrænsede systemet valgfriheden til ortogonale planløsninger. Systemet understøttede projekteringen fra skitsering til færdige produktionstegninger.

GLIDE (Eastman, C. M. and Henrion, M., 1979)

GLIDE (Graphical Language for Interactive Design) var et system primært til implementering af projektdatabaser for såvidt angik formrepræsentationer (geometrisk modellering) [Björk, 1993]. Den geometriske modellering foregik i *solids* med plane eller simpelt kurvede flader. Topologien blev defineret via "Euler-operatorer" som, ad hoc, tilførte flader, kanter og hjørner. Geometriske former kunne kombineres med "Boolean-operatorer" som fællesmængde, skæring eller difference. GLIDE indeholdt et kompileret implementeringssprog (GLIDE-language) til brug i forbindelse med at skrive applikationer. GLIDE-systemet indeholdt også et databasemanagement system med et kombineret datadefinitions- og forespørgselsprog som tillod definition og brug af records som kunne indgå i projektet. Endvidere indeholdt systemet grafisk input og output samt alfanumerisk kommandofortolkning. Integritets-management, det vil sige at information er konsistent med dets mening, blev nævnt som et potentiale for systemet (f.eks. Lafue i 1979). GLIDE var på flere måder et mere udviklet system end både BDS og OXSYS, idet det både var alsidigt overfor forskellige byggemetoder (i modsætning til OXSYS) og indeholdt eget kodesprog samt et databasemanagement system etc. i modsætning til de to øvrige systemer.

1982 - 85 Ekspertsystemer dominerer

I denne periode, i første del af firserne, blev interessen for *geometrimodel-ler* mindsket (termen byggeproduktmodel var reelt ikke helt taget i brug endnu). Årsagen til den mindskede interesse var primært, at de ovennævnte "pionerprojekter" ikke helt havde levet op til de forventninger man havde haft, og fordi finansieringsmulighederne, for de fleste landes offentlige sektorer, blev reduceret i denne periode.

Forskerne indenfor IT-bygningsområdet begyndte at rette blikket mod *videnbaserede systemer*. I starten udviklede man hovedsageligt regelbaserede ekspertsystemer for meget begrænsede problemstillinger.

Forskningsindsatsen i denne periode, koncentrerede sig om, at undersøge mulighederne for at anvende relationsdatabaser til at strukturere og lagre bygningsbeskrivelser digitalt.

Eksempel på et system fra denne tid er MOLE-systemet.

MOLE (Bijl, A., 1985)

Et kunstig intelligent CAD-modellerings system. Modellering af elementer (fysiske elementer eller evt. aktiviteter) foregik via logiske udtryk. Systemet, som var et videnbaseret system, blev yderligere udviklet i den næste periode. Systemet var designet til, at de projekterende kunne beskrive deres bygning efterhånden som ideerne meldte sig, og uden hele tiden at skulle tilpasse løsningerne forudbestemte komponenter. MOLE-systemet var endvidere designet til at acceptere projektbeskrivelser som enten tekst eller tegning eller en kombination. Systemet kunne give generel funktionalitet uafhængig af det aktuelle fagområde.

1986 - 90 Den første generation af egentlige produktmodeller defineres

Denne tredje periode, som omtrent dækker sidste halvdel af firserne, resulterede i en første generation af produktmodeller som såkaldte *begrebsmodeller* (et eksempel på en begrebsmodel er den opstillede objektmodel vist i figur 4.5, som er en begrebsmodel for et meget begrænset område). Med begrebsmodellerne kunne man, teoretisk, beskrive f.eks. en bygning eller en bro på et relativt højt abstraktionsniveau. En produktmodel blev i perioden defineret som en elektronisk model af et produkt, hvor modellen blev baseret på en logisk begrebsmæssig datastruktur for de informationer og funktioner der beskriver produktet i hele dets levetid. Modelstrukturen skulle være fleksibel for at sikre brugen af flere abstraktionsniveauer under udformningen. Eksempler på begrebsmodeller er GARM-modellen, AEC building systems modellen og RATAS-modellen. Disse beskrives senere under dette punkt.

I perioden begyndte man at tage objektbaserede metoder i brug gennem påvirkning fra forskningen inden for kunstig intelligens og med fremkomsten af objektorienterede programmeringssprog (f.eks. SMALLTALK og C). Samtidigt hentede man værktøjer fra databaseteorien med dennes begrebsmodelleringsmetoder (eksempelvis NIAM).

Udviklingen af den generelle *produktmodelstandard* STEP (STandard Exchange of Product model data) begyndte også i denne periode (i midten af firserne). Dette standardiseringsarbejde skulle få stor betydning for produktmodelforskningen inden for byggesektoren. Det var gennem perioden stadig den generelle totalmodel der var i højsæde.

Sideløbende med dette ovenfor beskrevne teoretiske definitionsarbejde, lavede man, på forskellige højskoler og universiteter (primært i USA og Frankrig) nogle praktisk orienterede prototyper, som gennem en fælles database integrerede et antal *eksisterende*, ofte videnbaserede, softwareapplikationer indenfor bygningsprojektering. Tyngden i disse forskningsindsatser lå i almindelighed mindre i, at få defineret den overordnede centrale, teoretisk korrekte, produktmodelstruktur, men snarere i, at udvikle metoder til samtidig projektering (concurrent engineering), typisk gennem anvendelse af en såkaldt "blackboardstruktur". Denne angrebsvinkel til området blev allerede i 1985, af Rehak og Howard, benævnt "loosely-coupled data bases".

I flere lande blev der, udover den offentligt støttede forskning, endvidere drevet privat finansieret (industrifinansieret) udviklingsarbejde, for at definere metoder til at overføre informationer i produktmodelstruktur mellem forskellige parter i byggeprocessen.

Med start omkring 1990 er produktmodelforskningen indenfor byggeri for alvor kommet i gang i et stort antal forskningsmiljøer rundt om i verden. Interessen herfor bliver nu også øget hos CAD-system udviklere. Publiceringen af den første version af STEP (Draft International Standard) øgede endvidere interessen for produktmodelforskningen.

Tre eksempler fra denne tid:

GARM (Gielsing, W. F., 1988)

I henhold til Björk [1993] og Galle [1994] var GARM (General AEC reference model) en produktmodel udviklet efter top-down princippet. GARM blev foreslået, men ikke accepteret, for inkludering i STEP-standard. Fik imidlertid stor indflydelse på den videre forskning indenfor området. Modellen formede således basis for flere andre forskningsprojekter, bl.a. også for ESPRIT projektet "IMPACT" der vedrørte modellering af mekaniske komponenter. GARM beskrives i termer benævnt "Product Definition Unit's" (PDUs). En PDU er "enhver del af produktet som er tilstrækkeligt interessant til at lagre information omkring." Meningen med PDUs bestemmes af en række "abstraction mechanisms", bl.a. relationer, dekomponering (part-of relationer), livscyklus-stade etc. Der adskilles i modellen således mellem syv livscyklus-stadier (funktionsplanlægning, som projekteret, som planlagt, som bygget etc.) som hver især korresponderer til en "subtype" af en PDU. Specifikation/projektering af et produkt antages at udføres via en top-down dekomponering, som en proces hvori krav eller bindinger (constraints) er koblet til "*functional units*" som dekomponeres til dele som er af en type "*technical solutions*". "Technical solutions" kan endvidere indeholde mindre, "functional units" til hvilke igen "technical solutions" kan findes etc. "Technical solutions" kan gemmes i et bibliotek for genbrug. Centrale *begreber (concepts)* defineres formelt og detaljeret i IDEF1x diagrammer og EXPRESS-skemaer.

AEC building systems model (Turner, J. A., 1988)

Ud fra NIAM diagramnotation har Turner opstillet en "AEC building systems model". Produktmodellen indeholder en omfattende analyse af koncepter (begreber) som "bygningstype", "bygning", "byggeplads" og tilbyder en omfattende samling af bygningstyper som kan beskrives via modellen. Penttilä og Björk [1988] beskriver dog produktmodellen som en model tilsyneladende med lille praktisk brugsværdi for udviklere af produktmodeller der er koblet til CAD-systemer etc. Produktmodellen kan dog udgøre en platform for udvikling af mere detaljerede produktmodeller samt for det videre teoretiske udviklingsarbejde generelt for produktmodeller.

RATAS (Björk, B.-C., 1989)

RATAS modellen blev udviklet omkring samme tid som GARM. I henhold til Björk [1993 & 1994] var RATAS en bygningsproduktmodel for hvilken intentionen var, at alle data omkring en specifik bygning, som var nødvendige for projektering, udførelse og vedligeholdelse, skulle kunne struktureres. En given produktmodel af en bygning "bygges" op af *objekter* (f.eks. en dør, men det kan også være et begreb) som hver især karakteriseres af et antal *attributter* (egenskaber for objektet, i eksemplet således eksempelvis en *dørbredde*). Mellem objekterne er defineret et netværk af *relationer*. Objekter tilhører *klasser* hvori attributterne for deres "medlemsobjekter" specificeres. Objekter er organiseret i et *arvehierarki* i overensstemmelse med objektorienterede principper. Ud over at hvert objekt er medlem af mindst én klasse tilhører hvert objekt ét af i alt fem *abstraktionsniveauer* (kaldet et abstraktionshierarki). Disse fem niveauer er 1) Bygning, 2) systemer, 3) delsystemer, 4) dele og 5) detaljer. Det kan nævnes, at de fleste objekter tilhørende en aktuel model tilhører niveau 4 og de fleste objekter i dette niveau repræsenterer fysiske objekter. Hovedsigtet for RATAS projektet var, at kunne gøre forskningsresultaterne tilgængelige i praksis.

Det centrale punkt i udviklingen af disse prototyper havde i første omgang været at skabe den overlegne og centrale teoretisk korrekte produktmodelstruktur. Man begyndte så småt at indse at der skulle udvikles computerunderstøttede systemer som måske kunne tilpasses bedre i praksis end systemer baseret på den totale produktmodelstruktur. Et eksempel på et sådant integreret system fra denne periode er *Integrated Building Design Environment (IBDE)* et projekt udført på Engineering Design Research Center (EDRC) på Carnegie Mellon University i perioden fra 1986 til 1991.

IBDE (Fenves et al, 1990)

Hovedopgaverne for IBDE-systemet kan opdeles i *rumlig konfigurationsprojektering*, *konstruktionsprojektering* og *bygningsplanlægning*. De tre hovedopgaver kan beskrives kort på følgende måde:

Rumlig konfigurationsprojektering

En af systemets faciliteter tillader arkitekter og bygherrer at undersøge indledende byggekonfigurationer på projekteringsprocessens idéstadium. Dets mål er at sørge for grafisk feedback og en repræsentation af beslutningsprocesser i det indledende design af høje bygninger. Videre at give en generel grafisk brugergrænseflade for ekspertsystemer. Systemerne støtter brugeren i skabelsen af en samlet byggekonfiguration som opfylder disse krav, enten gennem interaktiv design eller gennem delvist automatiserede beslutninger. En støtte i den rumlige layout af "servicekernen" i høje bygninger var en iøjnefaldende egenskab hos systemet.

Konstruktionsprojektering

Konstruktionsprojektet blev underopdelt i konstruktiv *systemdesign* og konstruktiv *komponentdesign* (dvs. de bærende konstruktioner).

Det konstruktive systemdesign kunne støttes fra den tidlige skitsefase frem til og med detailprojekteringen. Således var designkendskabet til de forskellige faser inkluderet i nogle "sammenhængende" videnbaserede systemer.

Konstruktiv komponentdesign blev indarbejdet i en standard-uafhængig metode. Modellen af konstruktiv komponentdesign blev delt op i henholdsvis de tidlige projekteringsfaser og i detailprojekteringsfasen. Det konstruktive komponentdesign blev implementeret i et videnbaseret system som anvendte eksplicit repræsenteret heuristisk viden på specifikke delproblemer i projekteringsprocessen. Endvidere indbefattede det videnbaserede system normstof som blev brugt som "baggrundsviden" i forbindelse med at designe de konstruktive komponenter.

Bygningsplanlægning

Bygningsplanlægningen i IBDE udførtes af et ekspertsystem som medvirkede ved dannelsen af projektplaner for beton- og stålbygninger. Ved udviklingen af dette ekspertsystem blev der udviklet værktøjer til at repræsentere projektplanlægningsviden og til at anvende denne viden til at udføre planlægningsbeslutninger og kontrollere effektueringen af planlæg-

ningsprocessen [Fenves *et al.*, 1994]. Systemet sørgede for udstyr og operatører til:

1. at definere arbejdsopgaver og rangfølgeforhold
2. at vælge passende udstyr og arbejdsholds-grupper
3. at anslå aktivitetsvarighed og omkostninger og
4. at udvikle projekttidsplaner og ressourcebehov.

I IBDE blev rumlig information og anden information (kaldet funktionel information) adskilt når en bygning blev repræsenteret. De to slags informationer blev imidlertid lagret i en fælles database. I IBDE blev den rumlige information delt op i tre typer: 1. Retvinklede strukturer, der støtter repræsentationen og dannelsen af "løst pakkede" arrangementer af rektangler. 2. Tartan grids, der støtter repræsentationen, i arrangementer af retvinklede bygningselementer af rumlige dimensioner. 3. Mærkede punkter som er et simpelt system der bruges til at repræsentere information som er betydningsfuld på et givent punkt i rummet. Den funktionelle repræsentation i IBDE blev baseret på en kombination af modelmetoderne *relationel model* og *objektorienteret model*.

IBDE var baseret på en problemcentreret metode. Værktøjerne i IBDE's værktøjssæt var primært videnbaserede designet til forskellige opgaver inden for rumlig konfigurationsdesign, både på det generelle bygningsbegrebsniveau og niveauet for detaljeret rumlig layout. Ydermere blev der udviklet nogle værktøjer til den førnævnte konstruktive system- og komponentdesign samt til bygningsplanlægning. IBDE indeholdt ikke støtte til andre områder end de nævnte. I Fenves *et al.* [1994] står da også skrevet "IBDE-systemet er på ingen måde komplet; et komplet integreret miljø ville også behandle generelle ledelses- og økonomispørgsmål såvel som mekaniske, elektriske og VVS-tekniske projekteringsopgaver, for at nævne nogle få."

Til sammenligning med de tre forud beskrevne systemer (GARM, AEC og RATAS), så lykkedes det i IBDE-systemet, med inddragelse af værktøjer hentet fra området kunstig intelligens, at udvikle et system der fik en vis udbredelse i USA.

1991 - 1995 Skepsis! Er delmodeller evt. mere egnede end totalmodeller ?

Efterhånden som forskerne fik praktiske erfaringer fra en række projekter hvor man arbejdede med produktmodelstrukturer, begynder man at erkende, hvor vanskelig en opgave det er, at få fastlagt én samlet informationsstruktur for en totalmodel, der vedrører alle områder af en byggeproces.

I stedet begyndte man at finde metoder som kunne føre til slutmålet, dvs. opfyldelse af den i kapitel 4 nævnte grundlæggende problemstilling, trin for trin. Der blev fokuseret på delmodeller omkring en central modelkerne.

Nogle få skeptiske syn på standardisering af objektklasser meldte sig også i perioden. De første (pioner-) forskeres idealistiske tro på den eneste saliggørende totalmodel blev dæmpet en del i denne periode. Interessen for dynamiske produktmodeller (se evt. afsnit 4.2.5), som let kan tilpasse sig brugerens behov, meldte sig. Endvidere fremkom en række nye informationsteknologier. De nævnte dynamiske modelleres force ligger i, at brugeren af informationssystemet, hvor produktmodellen er lagret i, *interaktivt* kan ændre i datastrukturen for de enkelte byggede.

Eksempler på produktmodeller fra denne tid er EDM, COMBINE og SEED. Kortfattede forklaringer til disse gives nedenfor.

EDM (Bond, A. H., Eastman, C. and Chase, S. C., 1992)

Engineering Data Model (EDM) var, i henhold til Björk [1993], Eastman *et al.* [1994] og Galle [1994], en modelstruktur der indeholder i alt seks formaliserede *begreber (concepts)* for strukturerede data. De første tre er:

1. domæne
2. aggregations
3. constraints (bindinger).

På baggrund af disse tre defineres tre højereniveau begreber:

4. funktionel entitet
5. akkumulation og
6. komposition

En EDM produktmodel er en samling af mere eller mindre projektspecifik information organiseret i overensstemmelse med den generelle struktur givet i EDM-modellen. Intentionen med EDM-modellen var, at give en model der var i tråd med de behov der er i projektering og som korresponderer den konceptuelle struktur der er i projektinformationer. Der er i modellen implementeret muligheden for ændringer i datastrukturen fra brugerens side, altså til en vis grad en dynamisk model.

COMBINE [Dubois et al, 1995]

Projektet blev beskrevet nærmere i afsnit 4.4. I Augenbroe [1994a&b] og Dubois et al [1994] nævnes det, at COMBINE projektets IBDS-system kan betragtes som et system med en central kerne og tilknyttede delmodeller (kaldet aspektmodeller) som tilhører hver sin applikation. De databeskrivelser i applikationernes delmodeller, der er ens i to eller flere af de øvrige delmodeller, er defineret som såkaldte *delskemaer*. Delskemaerne udgør en væsentlig del af grundlaget for databeskrivelsen i den centrale kerne (IDM), og delskemaerne specificerer, hvilke data i den centrale kerne som de forskellige applikationer kan udveksle med.

I praksis blev den centrale kerne implementeret i en objektorienteret database og implementeringen af de lokale aspektmodeller var forskellige eftersom de var afhængige af softwareapplikationens interne datastruktur.

SEED [Flemming et al, 1995]

Det sidste projekt der skal beskrives fra denne periode er et projekt kaldet SEED (Software Environment to Support the Early Phases in Building Design). Ifølge Flemming and Woodbury [1995] "sigter projektet på at yde computerstøtte for de tidlige projektstader i alle forhold der kan få gavn af en sådan støtte. Det henvender sig specifikt til bygningsprogrammering, skitseforslag og dannelsen af en fuld tredimensional afbildning af fysiske byggekomponenter". En case-baseret metode implementeres, idet der bruges en objektdatabase til at lagre og genfinde forskellige projektversioner, alternativer og tidligere projekter som kan genbruges.

SEED var baseret på et informationsmodelleringssprog, kaldet SPROUT. SPROUT er et modelleringssprog der indeholder meget af det samme som

EDM gjorde, dvs., domæner, klasser, bindinger, funktionel entitet etc. I midlertid eksisterer der flere vigtige forskelle. SPROUT giver en fyldigere beskrivelse af domæner. Uden formelle definitioner af domæner som var inkluderet i SPROUT, medregnet deres aksiomer, bliver det svært for modeludviklere at vide om en model vil producere korrekte resultater. For det andet er der adskillige udformningskoncepter i SPROUT, men ikke i EDM. Hverken case-baseret design eller versionskontrol er understøttet i EDM. SPROUT tilvejebringer også egenskaber der ikke findes i EDM, eksempelvis udledte værdier. Disse supplerende udformningskoncepter og egenskaber blev fundet nødvendige af dem der udviklede SPROUT, med hensyn til at reducere kompleksiteten som modeludvikleren stilles over for ved bygningen af en model. En facilitet som automatisk kodedannelse var også inkluderet i SPROUT og havde ikke noget modstykke i EDM [Snyder *et al.*, 1995].

1995- Kommunikation og informationsadgang i centrum

I den samme periode hvor skepsisen steg med hensyn til den totale produktmodelstruktur, dukkede nogle nye kommercielle informationsteknologier op. Teknologiens indflydelse og kapacitet øgedes, og samtidig faldt prisen i løbet af perioden. Næsten alle virksomheder havde nu råd til at købe computerudstyr til medarbejderne. Brugen af Internettet er øget i løbet af de seneste få år, og ved slutningen af 1995 med implementering i ca. ti procent af de virksomheder der deltog i den danske IT-undersøgelse '95 [Sørensen, 1996]. World Wide Web (Web) og Web-værktøjer er nu velkendte. Nogle forskere rundt om i verden har også set muligheder i brugen af Web som en platform til at etablere informationssystemer der støtter projektering i et netværksbaseret samarbejde.

Nøgleordet er nu *kommunikation* i en computerformidlende samarbejdsprojekterings- og byggeproces, snarere end den totale konceptuelle modelstruktur som, på mange måder, formindsker muligheden for kommunikation mellem deltagerne i processen. Ofte syntes produktmodelstrukturen at være for "stram", både i relation til kommunikation og i relation til tilpasning af ny projektviden til modelstrukturen. Endvidere vurderes det at projekteringsprocessen bliver *for* forskellig fra den proces som de projekterende er vant til, hvis der indføres informationssystemer baseret på produktmodeller uden en optimal kommunikation mellem de projekterende. Den ny IT-baserede *byggekultur* vil blive *for* forskellig fra den traditionelle,

hvilket vil resultere i en lav eller ingen gennemslag af den teknologi der er baseret på produktmodelstrukturen. Nedenfor følger en beskrivelse af to projekter som har valgt en kommunikationsmodelstruktur. Begge projekter er udviklet i løbet af de seneste par år, (1995 og 1996).

The Computer Integrated AEC

Det første projekt der skal beskrives er *the Computer Integrated AEC*, et eksperimentelt kursus som vælger *en flersteds, tværdisciplinær, projektbaseret og team-orienteret* undervisningsmetode. I Computer Integrated AEC spiller CAD-tegninger en central rolle i informationsrepræsentationen. Systemet er ikke baseret på en fælles datamodel og fokuserer ikke på produktmodelleringen. Således er der ikke nogen grundlæggende logisk total modelstruktur som basis for informationerne. Hovedmålet for det computerintegrerede AEC-indlæringsmiljø er at øge antallet af AEC-studerende som vil forstå hvordan AEC-disciplinerne påvirker hinanden, og som vil lære hvorledes samarbejds- og informationsteknologier kan yde støtte til samarbejdende og parallelt forløbende AEC. Endvidere at lære de studerende hvordan "team building" kan støttes af Web. Videre siger Fruchter [1996], "Det computerintegrerede AEC-kursus fokuserer på integration, information og organisationsudformning som støtter bygningsprojektering i et samarbejdende team. Internet-formidlet kommunikation, integrations- og organisationsrammer, groupware-teknologi og multimedier bruges på det eksperimentelle kursus". Web'en benyttes i en "team building"-opgave og som et medium til at udbrede og dele konceptuelle løsninger. I kurset bruges Web'en og *MediaWeaver*, en grafisk database, til at skabe et informationsarkiv som beskriver case-studieprojektet og som alle deltagere kan dele og få adgang til på et vilkårligt tidspunkt. *MediaWeaver* tager sig af indeksering og søgning efter grafisk information, dvs. billeder og AutoCAD-filer.

To af de centrale dele af det computerintegrerede AEC-miljø, *Informationsdelingssystemet* og *Informationsudvekslingssystemet*, bør gives lidt mere opmærksomhed:

Informationsdeling

Fruchter [1996] beskriver informationsdelingssystemet på følgende måde: *Et interdisciplinært kommunikationsmedium (ICM)* bruges som et integra-

tionsmiljø til at støtte den grafiske repræsentation i AutoCAD. Desuden til støtte af ræsonnementer inden for AEC-området under samarbejdsprojektering. Den tekniske idé med ICM er at et grafisk projekteringsmiljø (såsom AutoCAD) tjener som den centrale grænseflade blandt de projekterende, og som vejen til værktøjer der støtter en interdisciplinær projektering. Dette computerbaserede grafiske miljø sætter de projekterende i stand til at dele og udforske projektmaterialet og udveksle meddelelser.

Informationsudveksling

Federation of Collaborative Design Agents (FCDA) bruges som et integrationsmiljø blandt distribuerede CAD-applikationer, kaldet *designagenter*. Designagenterne udveksler projektinformation og viden. Kommunikationen af projektinformation blandt koblete designagenter er koordineret via systemprogrammer kaldet *facilitators in a federation architecture*. Designagenterne karakteriserer deres rolle i det integrerede miljø ved at specificere 1. interesser som består af den projektinformation som agenterne ønsker at blive informeret om, 2. perspektiver som definerer attributter og formater som agenten ønsker at modtage og sende informationer i, og 3. adfærd som beskriver agentens aktiviteter i miljøet.

Endvidere er der brugt "ansigt til ansigt"-møder i Cyperspace og fælles Desktop-software til at samarbejde på en synkron måde. Værktøjer til det er *XXM* og *xmove*, begge groupware.

Det andet projekt der skal beskrives er et igangværende forsøg påbegyndt i 1995 på the Key Centre of Design Computing, the Department of Architectural and Design Science, ved University of Sydney.

Virtual Design Studio (VDS)

Projektet, kaldt *Virtual Design Studio (VDS)*, har det formål at undervise studerende om computerformidlet samarbejdsprojektering for en udvalgt (begrænset) projekteringsproces [Maher *et al.*, 1996]. Et "design brief", som svarer omtrent til et dansk byggeprogram, er udvalgt som basis for projektstrukturen, og projektering udføres i overensstemmelse med denne struktur. En metode er valgt hvori *funktionen* af rummene opført i design brief er i fokus. Det nævnes i Maher *et al.* [1996], at VDS refererer til et netværksbaseret "designstudie", distribueret over rum og tid gennem at ru-

ge World Wide Web (Web) som basis for distribution af arbejdsområdet. Endvidere er al information i VDS repræsenteret elektronisk ved hjælp af den tilgængelige teknologi såsom CAD, billedbehandling, Web, video-møder, email, fælles filoverførsel og fælles whiteboards. Potentialet i et projekteringsmiljø der bruger den tilgængelige teknologi er at skabe en projekteringsproces hvori der er et reduceret behov for at mødes fysisk når der er brug for at samarbejde.

To VDS blev etableret: et *internationalt designstudie* og et *australsk designstudie*. Det første VDS havde deltagende studerende fra fem universiteter i forskellige lande, og det andet havde studerende fra tre australske universiteter. De to VDS fokuserede på to forskellige samarbejdsmetoder. Således gjorde de studerende i det internationale designstudie hovedsagelig brug af asynkront (dvs. non-interaktivt) samarbejde. De studerende kunne i praksis lagre deres informationer hvor som helst. I det australske designstudie var oprettelsen af Web-baserede projektdokumenter baseret på en *Activity/Space model* i fokus. De studerende her var involveret i både asynkront og synkront (dvs. interaktivt) samarbejde. Det asynkrone samarbejde foregik gennem fælles information på Web og fælles datafiler. Det synkrone samarbejde blev støttet gennem video-møder. Forskellen i samarbejdsmetoderne skyldtes forskellen på de to studier. Således startede de studerende på det internationale VDS deres projekter i forskellige uger på grund af at semesterdatoerne ikke passede sammen. Endvidere var disse studerende fysisk til stede i studiet på forskellige tidspunkter af dagen på grund af de forskellige tidszoner. Som resultat heraf fokuserede byggeprogrammet og samarbejdsmetoden for dette VDS på en asynkron metode. Disse omstændigheder forelå ikke for det australske VDS, og brugen af en synkron måde kunne forekomme her.

Nogle af de mest relevante erfaringer fra de to studier vedrørende computerstøtte for samarbejdsprojektering, kan henføres til to forskellige retninger som bør forfølges. Én retning inddrager udviklingen af teknologiunderstøttelse som tilfredsstillende designstudiets og de projekterendes behov i projekteringsprocessen. En anden retning inddrager brugen af teknologi for at prøve at formalisere den måde projektinformation kommunikeres og deles på. Så længe kommunikation af projektinformation er uformel er der et problem med at dele information.

Videre fastslår Maher *et al.* [1996]: "Virtual Design Studio i professionel praksis er på trods af den nuværende teknologi stadig en fremtidsidé. Succesen for et VDS kommer med udviklingen af en fælles forståelse blandt deltagerne. Med kommunikationsteknologiens og de delte ressourcers aktuelle niveau er denne fælles forståelse svær at opnå. Ud over forbedringen af teknologien er der et behov for, at indlemme en struktur i den måde projektinformation udformes på og den måde den deles blandt projekterende". Endelig var en af erfaringerne fra VDS-projektet, at en begrænsning i den nuværende teknologi ligger i manglen på strukturering ved at dele informationer og CAD-filer over Web'en.

Efter præsentation af disse systemer der sætter kommunikationen i centrum i et computerformidlende samarbejde skal blikket også rettes mod et andet væsentligt internationalt tiltag i denne periode. I de seneste ca. to år har kørt et internationalt samarbejde benævnt IAI; et samarbejde som pr. november 1997 inkluderede 20 lande som i fællesskab bl.a. forsøger at fastlægge nogle regler for objektdefinitioner, og for samme objekters udveksling mellem forskellige applikationer. Dette samarbejde har dansk deltagelse og fortjener en nærmere præsentation.

IAI-samarbejde

IAI-samarbejdet resulterer i nogle IFC-standarder. IFC står for *Industrial Foundation Classes* og de udviklede standarder fastlægger blandt andet de metoder hvorefter IFC-objekter skal udveksles mellem forskellige applikationer. Endvidere indeholder IFC-standarder anvisninger for hvordan software-udviklere skal efterleve visse krav for at kunne udveksle IFC-data. IAI-samarbejdet har sit omdrejningspunkt omkring industriens krav til datastruktur og -indhold. Det er i væsentligt omfang industriens repræsentanter som deltager i IAI-samarbejdet og en kombination af forskere og industriens virksomheder som udarbejder de omtalte IFC-standarder. Jeg vurderer at IAI-samarbejdet lettere vil kunne resultere i en egentlig praktisk anvendelse end tilfældet har været for det tidligere omtalte STEP-samarbejde. Begrundelsen herfor ligger primært i, at STEP-arbejdet i for høj grad er baseret på deltagere fra forskningsmæssige miljøer. Endvidere viste det sig, at STEP-arbejdet havde "bredt" sig for meget med hensyn til hvilke emner standarden skulle omhandle. STEP varetog således andre brancher end netop byggebranchen.

En beskrivelse af hvad IAI-samarbejdet indbefatter gives her som baggrund for en yderligere diskussion af forslag til fremtidige tiltag på området "Dataudveksling og -integration i byggesektoren".

IAI har allerede pr. ultimo 1997, ca. to år efter start, resulteret i en standard for hvordan data kan udveksles og præsenteres. Det er således planen (og i demoversioner muligt) at importere/eksportere egentlige IFC-filer til/fra CAD-systemer. På samme måde som man har kunnet benytte eksempelvis DXF-formatet som et udvekslingsformat er planen at benytte IFC-formatet som et fremtidigt *neutralt* udvekslingsformat for udveksling af data (som objekter) mellem byggesektorens parter. Et IFC-objekt har egne attributter, attributværdier (dataelementer) og relationer til andre objekter. Pr. november 1997 er følgende IFC-standarder frigivet:

- IFC 1.0
- IFC 1.5

IFC 1.5's *final review* blev givet den 9. september 1997. Det første såkaldte "Exchange Set" blev accepteret og et certificerings-program er lanceret. Der er lavet de første IFC-applikationer, dvs. software-applikationer som hviler på IFC 1.5. I alt 27 medlemmer (softwarefirmaer) har således implementeret IFC 1.5. Firmaerne er fra henholdsvis Frankrig, Tyskland og England. Disse softwareudviklere efterlever altså IFC 1.5 når de udvikler nye bygningsrelaterede softwareapplikationer. Det skal dog pointeres at det endnu (ultimo 1997) kun er få af dem som har bragt IFC-produkterne til et kommercielt plan.

IAI-baggrund

IAI startede i USA i september 1995 med oprindelig 12 medlemmer. IAI-samarbejdet har nu i alt 520 medlemmer fra 20 lande. Der er dannet i alt otte *IAI-Chapters* fordelt på følgende lande/områder:

1. Austral-asiatisk Chapter
2. Chapter for de fransktalende lande
3. Chapter for tysktalende lande
4. Japansk Chapter
5. Nordamerikansk Chapter
6. Singapore Chapter

7. Storbritannien Chapter

8. Nordiske Chapter (bl.a. Danmark)

Der er IAI-Chapters under dannelse i Kina, Korea, Italien og Benelux-landene. IAI-medlemmer tilhører grupper som:

- Projekterende firmaer
- Fremstillingsvirksomheder
- Entreprenører
- Bygningsejere
- Bygningsforvaltere
- Softwarevirksomheder
- Forskningsinstitutioner

Hvad er så fordelene ved at implementere IFC-støttede applikationer ?
Det må forventes, at fordelene kan opgøres således:

- Stigning i samarbejde baseret på IFC-standarden
 - Regeringer vil se på IFC som et alternativ til eksisterende udvekslingsstandarder
- Muligheder for nye typer af applikationer
 - De første eksempler er fremme nu, eksempelvis “Alberti” fra Acadgraph som er et “layout”-program som er specielt designet til at generere IFC-output data.

Hvad kræver det at implementere IFC-faciliteter i en applikation ?
Dette kan i kort form anskueliggøres således:

- Skriv dig op til et *IAI Implementation Program* (henvend dig hos IAI-organisationen, evt. den danske)
- Anskaf et OO (C++) programmeringsmiljø.
 - eksempelvis ARX til AutoCAD
- “Mapping” af applikationens benyttede objekter i henhold til IFC-standarden. Jo tættere den interne datastruktur er “mapped” i henhold til IFC, des lettere vil det blive.
- Benyt en *IFC-Toolbox* (en specialudviklet “IFC-værktøjskasse”)
 - Der skelnes her mellem *early* og *late binding Toolboxes*. Det er Toolboxene der benyttes som udviklingsmiljø gennem udvikling af en IFC-støttet applikation.

For såvidt angår softwarefirmaet Autodesk, så har dette firma implementeret IFC under disse forhold:

- Baseret på objekt *ARX* til *AEC*
- Benytter en såkaldt *Concad Toolbox*
- Alle IFC-data er gemt i DWG-filen
- Garanteret *Roundtrip Integrity*
- IFC-støtte vil indgå i den endelige *API* på en eller anden vis

IFC 1.5 arkitektur/principper

Den udviklede IFC 1.5 objektmodel arkitektur:

- Giver en modulær struktur af modellen
- Giver en ramme for hvordan informationer skal deles mellem forskellige fagområder i byggesektoren
- Letter den fortløbende vedligeholdelse og udvikling af modellen
- Muliggør at de som modellerer kan genanvende allerede skabte modelkomponenter
- Giver softwareudviklere mulighed for at genbruge software-komponenter.
- Gør det muligt at styre kompatibiliteten mellem modelversioner.

Benyttede hovedprincipper gennem udvikling af IFC 1.5 har været:

- Arkitekturen er udviklet efter "lag-på-lag" princippet som beskrives nedenfor ved fire benyttede lag
- På et hvilket som helst lag kan klasser referere til, eller benytte, andre klasser

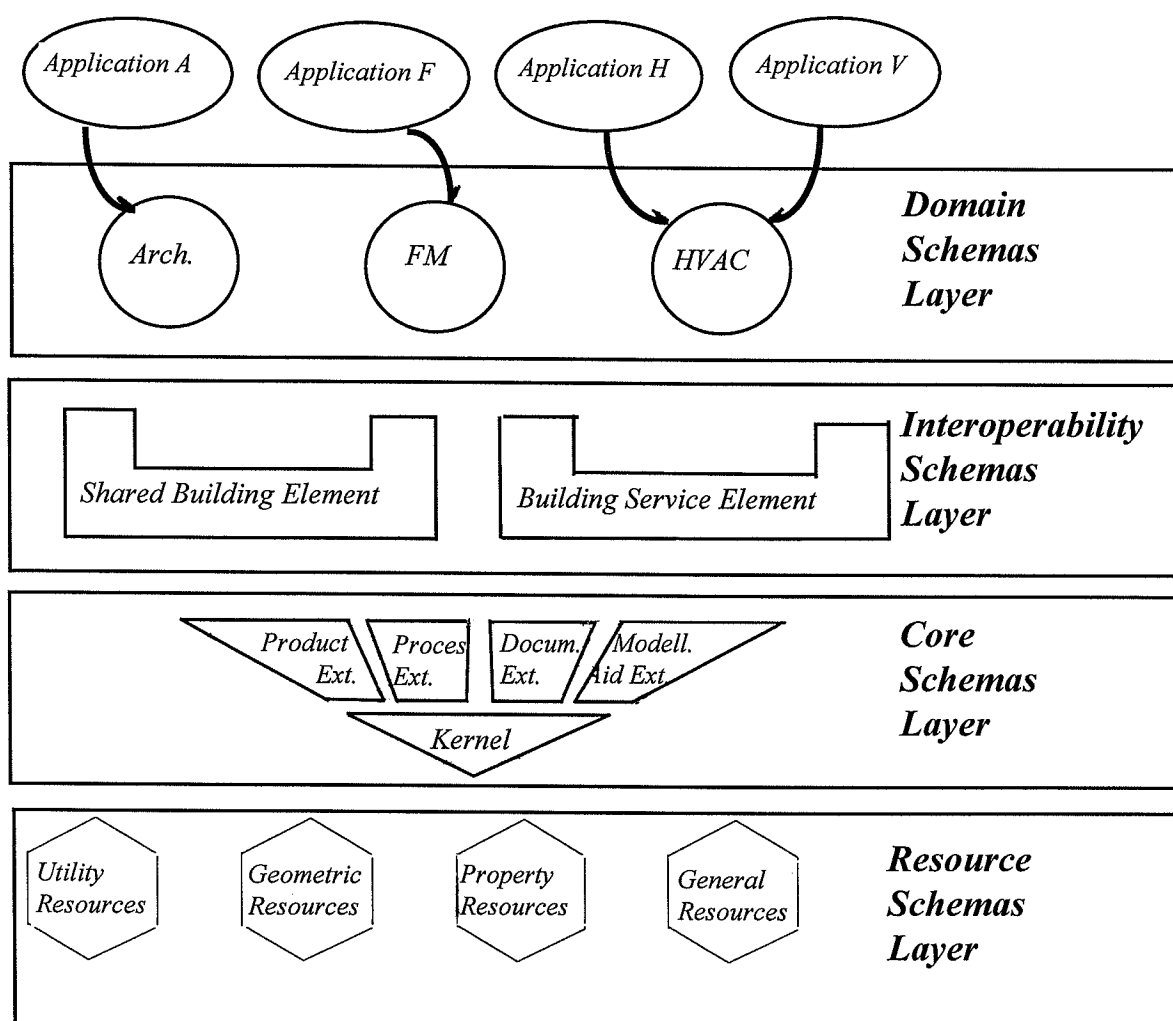
IFC-Modellen er som nævnt opbygget på baggrund af i alt fire lag, således:

1. lag, benævnt *Resources layer* - indeholder "Resources" fra *concepts* (begreber) beskrevet uafhængigt af den specifikke brug af AEC-objekter. Der beskrives under dette lag geometrien, formen, repræsentationen etc. af objekterne.
2. lag, benævnt *Core layer* (det inderste lag eller kernelaget)- indeholder *Kernel* (kernen) hvori objekter med relationer etc. er struktureret. Endvidere indeholder dette lag de såkaldte

Core Extensions (Product extensions, process extensions, document extensions og Modeling Aid extensions)

3. lag, benævnt *Interoperability layer*- indeholder de hyppigst benyttede AEC-begreber (*Shared Building* og *Building Service Elements*)
4. lag, benævnt *Domain model layer*- kan indeholde en interface-”mekanisme” til domainspecifikke delmodeller som nu er integreret ind i IFC: Arkitektur, VVS/ventilation (*HVAC*) og FM (*Facilities Management*)

Modellens arkitektur med de fire lag kan anskueliggøres som vist på figur 5.1.

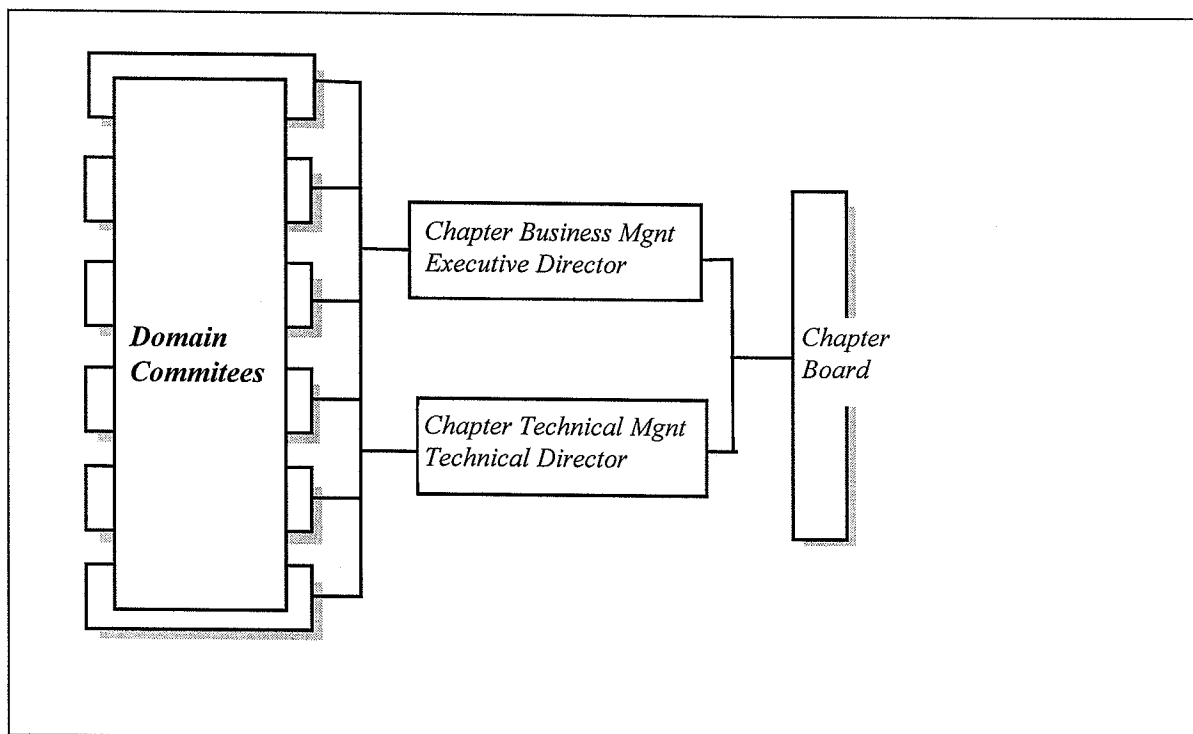


Figur 5.1. IFC-modellens arkitektur.

Efter denne teknisk orienterede introduktion til IAI-samarbejdet følger her en kort beskrivelse af hvordan samarbejdet er organiseret nationalt såvel som internationalt.

IAI-organisationen

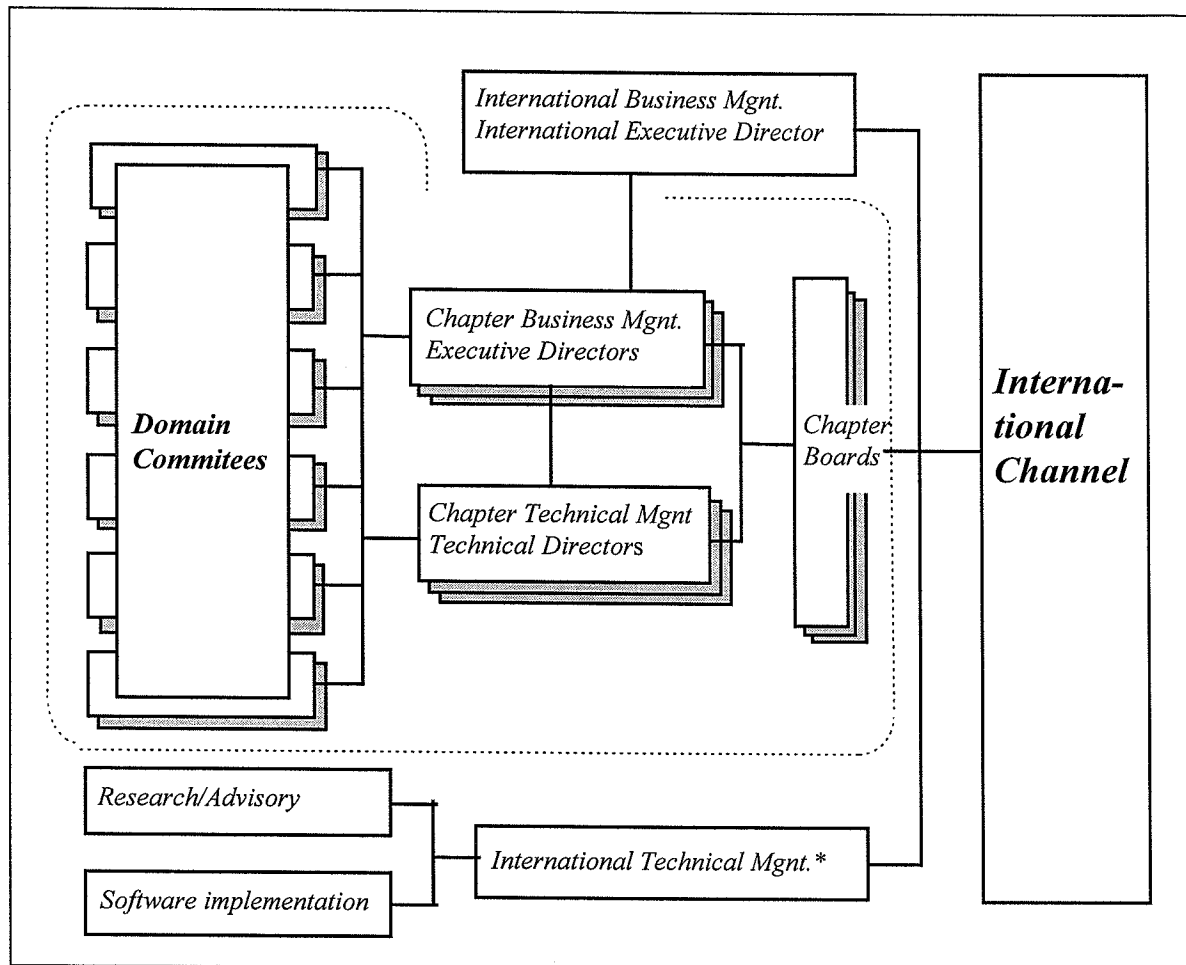
Figur 5.2 viser et eksempel på et IAI-Chapter, her det nordamerikanske.



Figur 5.2 Eksempel på et IAI-Chapter, her det nordamerikanske

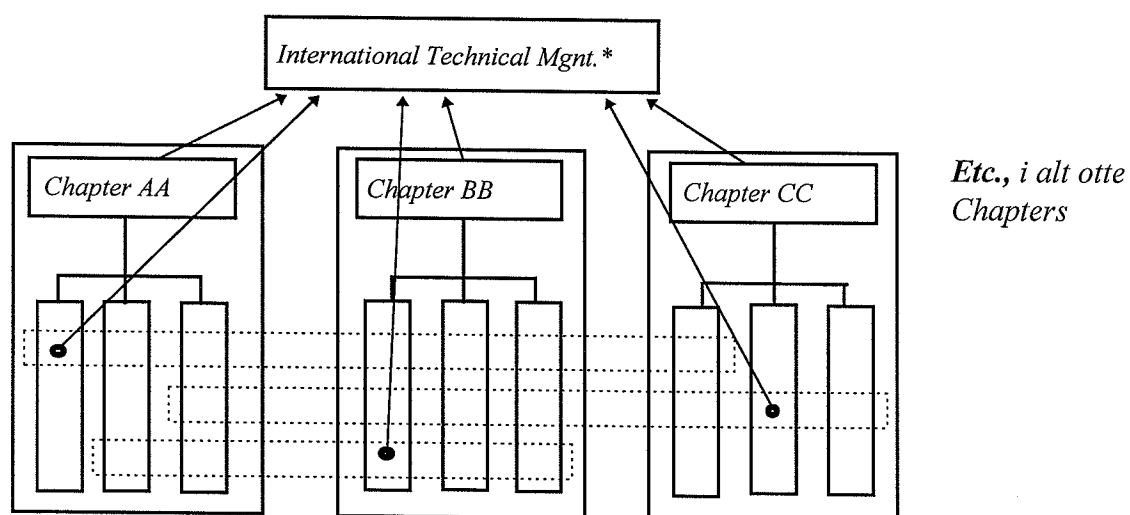
Det ses at et nationalt IAI-Chapter består af en række *Domain Commitees* som er en slags fagudvalg, hver ansvarlig for en domænespecifik IAI-del (eksempelvis VVS, Arkitektur, Konstruktioner etc.). Derudover er der to ledelsesenheder, benævnt henholdsvis *Chapter Business Management* med en *Executive Director* og *Chapter Technical Management* med en *Technical Director*. Endelig er der et *Chapter Board* som er det nationale råd eller den nationale bestyrelse for dette Chapters IAI-deltagelse i den internationale sammenhæng. Det er det nationale råd som tegner det aktuelle Chapter udadtil og til den internationale IAI-organisation.

Den internationale IAI-organisation er afbildet på figur 5.3.



Figur 5.3. Den internationale IAI-organisation.

Der er to enheder tilknyttet den internationale IAI-organisation, nemlig *Research/Advisory* og *Software implementation*. Disse enheder beskæftiger sig med henholdsvis forskning/teknisk rådgivning samt egentlig softwareimplementering af IFC-software/applikationer. Som for de nationale IAI-organisationer har også den internationale IAI-organisation henholdsvis en *Business Management* og en *Technical Management*. I den internationale IAI-organisation er det *Technical Management* (På figur 5.3 markeret med *) som samler trådene fra de forskellige Chapters gennem et *International Coordination organ*. Se figur 5.4, følgende side, som repræsenterer IAI's *International Coordination*.



Figur 5.4. IAI's *International Coordination*.

Kapitel 6. Udviklingen i danske initiativer på området

Dette kapitel giver et overblik over udviklingen i danske initiativer for dataudveksling og -integration i byggesektoren. Der gives således en summarisk beskrivelse af en række danske CAD/IT-projekter og initiativer som er udført de seneste ca. 12 år. Alle med det formål at øge brugen, og effektivisere, CAD/IT i den danske byggesektor. Et formål som er med til at effektivisere dataudvekslingen og -integrationen i sektoren med øget produktivitet og kvalitet til følge.

Formålet med at lave denne gennemgang af udviklingen i danske tiltag-/indsatser er, udover den interesseværdi den kan have i bred almindelighed, at kunne komme med forslag til projekter som er i tråd med byggesektorens behov og *samtidig* er i tråd med den internationale forskning beskrevet i forrige kapitel.

6.1 Hvad har man gjort i Danmark ?

Det der er gjort i Danmark for at afhjælpe “den grundlæggende problemstilling” er, at betragte problemerne ud fra en mere pragmatisk synsvinkel. Der er således, gennem de seneste ca. 12 år, iværksat en række projekter, med sigte på at opnå en mere optimal udnyttelse af de projekteringsværktøjer der nu engang er på markedet. Altså, hvordan udnytter vi bedst muligt de for hånden værende CAD-systemer, beregningsprogrammer, databasesystemer etc. således, at der sikres størst mulig genanvendelse af allerede producerede informationer.

De væsentligste danske projekter der har været gennemført disse ca. 12 år, er beskrevet i dette kapitel. Hovedparten af projekterne har haft til formål, med vægt lagt i forskellige projektfaser, at opnå en bedre anvendelse af den tilgængelige IT med det resultat, at byggesektorens virksomheder opnår større adgang til og genanvendelse af, allerede producerede informationer gennem byggeprocessen.

6.2 Prioriteringer gennem de sidste 12 år

De udførte danske tiltag kan også kategoriseres, ligesom det blev gjort for de internationale forskningsprojekter i kapitel 5. En oversigt over de fokusområder der har været gældende i disse ca. 12 år kan opridses som vist i tabel 6.1.

Tidsperiode	Indsatsernes tyngdepunkt	Kendetegnende
1986 -90	Behov for dataudveksling ml. CAD-systemer fastlægges. CAD's mulige roller i udførelsesfasen. Systemspecifikationer. Udvekslingsformater.	Behov og muligheder
1990 - 95	Integreret IT-anvendelse, fælles grundlag, fælles datastrukturer, genbrug af data. Digitale bygningsmodeller. CAD-strukturer, CIS-CAD, proces- og produktudvikling	Fælles grundlag for dataudveksling og -integration. Digitale bygningsmodeller
1995-	Ansvars- og aftaleforhold. Standardkontrakt for EDI. Standardisering af datatyper (IFC-objekter). Informationsadgang (byggevarer etc.). Kommunikation via netværker, ISDN, Internet etc.	Ansvar, standardisering, EDI, informationsadgang og kommunikation

Tabel 6.1. De danske initiativers prioriteringer i forskellige perioder.

1986 -90 Behov og muligheder

Perioden startede med TUP-projektet (Fælles Format projektet) som startede i 1986. Formålet med projektet var primært at beskrive muligheder og behov for dataudveksling mellem CAD-systemer indenfor byggesektoren i dag og i fremtiden, for at fremme CAD-samarbejdet i dansk byggeri. Behov og muligheder var i fokus. Et projekt der vedrørte CAD-systemernes mulige rolle i udførelsesfasen blev snart iværksat. Det blev benævnt *CAD i udførelsesfasen* og var et TR-projekt og en videreførelse af et pilotprojekt benævnt "CAD-projektering på minidatamat". Der var et ønske om at undersøge hvad den under projekteringen opbyggede CAD-database

kunne bruges til i udførelsesfasen. Et udgangspunkt var, at der i projektet var indledt lovende forsøg med overførsel af projektdata om betonelementer fra rådgiver til producent på elektronisk form. En kort formålsbeskrivelse af projektet kan gives således:

CAD i udførelsesfasen

Projektet som forløb i perioden 1986 til -89 havde til formål at få belyst CAD-teknikkens mulige rolle i udførelsesfasen [BPS, 1989]. Især i forbindelse med:

- Ajourføring af det CAD-projekterede materiale hos de projekterende (projektopfølgning).
- Ajourføring af det CAD-projekterede udbudsmateriale ud fra tilbagemelding fra de udførende.
- Udnyttelse af mulighederne for at uddrage oplysninger og detaljer fra projektdatabasen målrettet entreprenørers og leverandørers behov, både i tilbuds- og udførelsesfasen.
- Udnyttelse af muligheden for at lave temategninger, d.v.s. tegninger der sammenfatter oplysninger til at belyse et bestemt aspekt (et tema) som f.eks. en fagentreprise.
- Forsøg med direkte at overføre information fra rådgivers EDB-udstyr og til entreprenørens eget EDB-udstyr for dér at blive viderebearbejdet.
- At undersøge i hvilket omfang informationsteknologien kan støtte fagtilsynets kontrol med henblik på at sikre kvaliteten i byggeriet.

Det konkluderedes i projektet, at det i fremtiden ville være hensigtsmæssigt med en "digital bygningsmodel" for der igennem, at indfri byggesektorens (og ikke mindst de udførendes) forventninger til informationsteknologien som det mest egnede, til at løse tre af byggesektorens aktuelle problemer, som var

at målrette, samordne og udveksle information ! [BPS, 1989]

Et års tid efter projektet var startet blev et andet initiativ opstartet, denne gang af Entreprenørforeningen. Dette vedrørte også de udførende, men nu nogle specifikationer for dokumenter så de kunne danne grundlag for digital dataudveksling. En kort beskrivelse af projektet:

EITI, systemspecifikationer for leverancestyringen

Jvf. EITI [1989] var projektets formål at skabe et fælles grundlag for, at entreprenørvirksomhederne kunne udveksle oplysninger på elektronisk form med sine samarbejdspartnere på en sådan måde, at disse oplysninger kunne genanvendes direkte i virksomhedernes egne EDB-systemer. Entrepreneurvirksomhedernes funktioner og data analyseredes gennem funktions- og datamodeller som blev udviklet for prioriterede dokumenter. Dokumenterne specificeredes på en form, så de kunne danne grundlag for en digital dataudveksling og for udviklingen af fremtidige generationer af åbne og kompatible EDB- og datakommunikations-systemer i virksomhederne. Der blev bl.a. prioriteret følgende dokumenter: Forespørgsel, tilbud, ordre, afkald, følgeseddel og faktura.

Omtrent samtidigt blev et andet EITI-projekt opstartet, benævnt *EITI Struktureret projektering*. Målet var nu at definere og motivere entreprenørforeningens ønsker og krav til det fremtidige projektmateriale. I tråd med dette initiativ blev et projekt benævnt *DigiDok* startet i 1988. Dette initiativ drejede sig også om dokumentspecifikationer, nemlig om at udvikle dokumentspecifikationer for digitale byggesagsdokumenter for nogle udvalgte grænseflader i *samspelet* mellem de rådgivende og udførende. De udførende var stadig en hel del inde i billedet, sammen med de rådgivende. Initiativer gående på behovene og mulighederne i forbindelse med CAD-dataudveksling var nu ved at klinge af. I slutningen af perioden prøvede man at belyse mulighederne for anvendelsen af informationsdatabaser i dansk byggeri og anlægsvirksomhed. Dette med henblik på, at fremme databasernes anvendelse ved at stille krav om databasernes indhold, struktur samt brugerinterface gennem standarder og regler. Initiativet hvori dette blev gjort blev benævnt *fiB- et fælles informationssystem i byggesektoren*, et BUR-projekt (Byggeriets Udviklingsråd), og det løb af stablen i perioden 1989-90. Det blev gennem projektet konkluderet, at tiden endnu ikke var moden til at der blev etableret en organisation, der på et kommercielt grundlag kunne fungere som bindeled mellem byggeriets parter og informationsdatabaserne. Projektet viste imidlertid også [BPS, 1990b], at der var behov for koordinerende tiltag, der kunne etablere et forum som skulle medvirke til:

- at fremme fælles standarder og spilleregler for informationsbaserne
- at formulere byggesektorens behov for basernes indhold og brugerinterface
- at formidle behovene til informationsleverandørerne

Et initiativ fra FRI benævnt *Fremtidens projektering* blev også iværksat i perioden. Det blev afsluttet i 1989 og formålet var at klarlægge informationshåndtering fra idé til drift. Det blev hævdet, at projektering fremover ville bestå i *opbygning, vedligehold* og *KS* af projektdatabaser [FRI, 1989]. I perioden blev der fokuseret på udvekslingsformater i forbindelse med dataudveksling, snarere end på datastrukturer som kom mere frem i den følgende periode. Et projekt der omhandlede udvekslingsformater blev gennemført i slutningen af perioden med støtte fra Teknologirådet (TUP-programmet). Projektet, benævnt "Problemløsning ved brug af IGES-oversættere" udmøntede sig i en BPS-publikation (nr. 86) i september 1990. Formålet med projektet var at beskrive et sæt værktøjer, som CAD-brugere kunne anvende til analyse af IGES-oversætteres funktion, og som således kunne anvendes til problemløsning i forbindelse med dataudveksling. Værktøjerne var dog mest rettet mod CAD-specialister hvorfor de aldrig rigtig fik betydning i branchen. Et andet delprojekt under Teknologirådets TUP-projekt (Fælles Format projektet) omhandlede "Tegningsudveksling i dansk byggeri". Her var også udvekslingsformaterne i fokus når den digitale tegningsudveksling blev analyseret. Men samtidig blev der i projektet belyst "Byggeprocessen som informationsproces" og resultater fra to IT-undersøgelser i den danske byggesektor (foretaget i 1988 og -89, omtalt i nærværende afhandlings kapitel 2) blev inddraget i projektet. Dette for at fastlægge behovet for, og problemer med, digital tegningsudveksling mellem forskellige CAD-systemer. Delprojektets resultater blev samlet i BPS-publikation 84, i september 1990.

1990-95 Fælles grundlag for dataudveksling og -integration

Denne periode startede omtrent med *Projekt 90* hvori man forsøgte at afklare, hvordan man skal organisere byggeriets projektinformation i CAD-systemer og databaser. Der blev i starten af 90'erne sat fokus på dataudveksling og -integration og navnlig på at der skulle etableres et *fælles grundlag* for samme. Der skulle være fælles grundlag for alle byggesektorens parter når informationer skulle udveksles mellem virksomhedernes

CAD-systemer. Grundlaget skulle muliggøre samprojektering via CAD på tværs af systemer og virksomhedsskel. Integreret IT-anvendelse var også et nøgleemne i denne periode. Et stort projekt indenfor disse fokusområder blev iværksat i 1991. Projektet blev benævnt *Dataudveksling i byggesektoren* og var et TR-initiativområde.

Dataudveksling i byggesektoren

Initiativets formål var trefoldigt, således:

1. At etablere et fælles grundlag- en konvention, for anvendelse af CAD i byggesektoren.
2. At fremme produktivitet og kvalitet gennem integreret IT-anvendelse, fælles datastrukturer og genbrug af data i alle led.
3. At fremme en rationel informationsteknologisk anvendelse i byggesektoren.

Det under punkt 1 nævnte fælles grundlag, skulle først og fremmest sikre en hensigtsmæssig anvendelse af CAD-systemerne i den enkelte virksomhed fra projektering til udførelse. Grundlaget skulle tillige muliggøre samprojektering via CAD på tværs af systemer og virksomhedsskel. Endelig skulle det sætte system i den efterfølgende anvendelse af CAD-data i forbindelse med udførelse, drift og vedligehold.

Det var "Koordineringsudvalg for byggesektorens EDB-anvendelse" der initierede starten af TR-initiativet i 1991. Projektet løb frem til 1995. I alt 27 projekter blev gennemført under initiativet. Initiativet har således "fyldt meget" i den danske byggesektors IT-tiltag i denne periode. Nogle få projekter under initiativet kan nævnes:

- CAD-undersøgelse '91-et grundlag for CAD-samarbejde i byggeriet
- CAD-projektering (principper for struktur af projektdatabaser). Afsluttet i -92
- CAD-udveksling. Afprøvninger og anbefalinger. Afsluttet i -92
- Fremskaffelse af data til CAD-brug. Afsluttet 1994
- Genbrug af data i entreprenørvirksomheden. Praktiske råd og anvisninger til anvendelse af resultaterne fra EITI- og TR-programmerne. Afsluttet 1994

- På vej mod en fælles CAD-struktur. Fem afprøvningsprojekter. Afsluttet 1994
- Byggevardatabaser (Rammestandard for sammenhæng, indhold og funktionel anvendelse af byggevardatabaser). Afsluttet i 1995
- Virksomhedens CAD-manual, herunder en CAD-projektaftale. Afsluttet 1995
- Model for elektronisk udtagning af mængder. Afsluttet 1995.
- ADOR Anvendelse af Data fra Offentlige Registre. Afsluttet 1995.

Udvalgets overordnede opgave var at fastlægge en fælles, langsigtet strategi for byggesektorens IT-anvendelse. Det var således fra start hensigten, at koordinere og formalisere inden for områderne:

- CAD-projektering. Principper for struktur af projektdatabaser
- CAD-udveksling. Generel vejledning. Gennemgang af generel udvekslingsprocedure
- CAD-struktur. Regler for CAD-projektering
- CAD-symboler. Brug af symboler og symbolbiblioteker
- CAD-udveksling. Afprøvnings og anbefalinger.

Denne strategi har dannet grundlag for gennemførelsen af de udførte koordinerede projekter. De gennemførte projekter under dette initiativ har initieret andre projekter, eksempelvis Boligministeriets CIS-CAD struktur og et projekt vedrørende aflevering af digitale projektdata (ansvars- og aftaleforhold). Begge projekter beskrives senere i dette kapitel. Initiativets samlede budget var på 30 mio kr. og finansieret af Teknologirådet og af byggeerhvervet. BPS-centret har været sekretariat for initiativet.

Begrebet "referencefilstruktur", hvor filer grundlæggende bygges op af to filtyper 1. modelfiler og 2. tegningsfiler, blev i øvrigt lanceret gennem TR-initiativet. Denne referencefilstruktur sikrer, at projekthinformation kun findes et sted, nemlig i modelfilerne. Tegningsfilerne indeholder ikke projekthinformation i sig selv, men alene referencer til modelfilerne. I denne forbindelse blev begrebet "objekt" også introduceret. Dette objektbegreb blev defineret i en Abb-publikation 2 med titlen "Objektorienteret projektering med referencefiler", baseret på TR-initiativet, således:

“Med objekt forstås her en bestanddel af en bygning. Det kan være et fysisk objekt (bygningsdel, byggedel, komponent, inventargenstand m.v.). Et objekt (f.eks. ydervæg) kan være delt op i mindre objekter (f.eks. bagmur, vindue, isolering). I CAD-projektering vil et objekt typisk være en informationsbærende enhed. De fysiske og rumlige objekter i en bygning har hver deres funktion og formål, som tilgodeses, og kvaliteter, som skal opfyldes, og det er beskrevet med information”. Dette er en anden definition af “objekt” end den som er givet i Sørensen [1997a], hvor det også nævnes, at et objekt skal indeholde egne procedurer, skal kunne sende meddelelser til andre objekter og skal indeholde noget “intelligens”. Se også afsnit 4.2. I TR-initiativets definition blev objekter i CAD repræsenteret ved symboler (trapper, døre, vægge, håndvaske etc.) som repræsenterede fysiske objekter.

Begrebet *digitale bygningsmodeller* blev benyttet ofte i denne periode, primært under TR-initiativets projekter. Begreberne blev dog efterhånden mere og mere udvaskede. Hvad var en digital bygningsmodel i forhold til en produktmodel, sidstnævnte term som man også til tider hørte omtalt i denne periode. Man anerkendte hen i mod slutningen af perioden behovet for at lægge en fælles strategi når, det gjaldt om at samle indsatserne for informationsteknologiske initiativer i byggesektoren. En egentlig FoU-strategi blev under ATV initieret i 1994, og en arbejdsgruppe udarbejdede en rapport benævnt *Informationsteknologi i byggeriet*. Kort beskrivelse af denne strategi er givet her:

Informationsteknologi i byggeriet

Der skulle opstilles en strategi for en grundlæggende forskningsindsats indenfor informationsteknologi. Dette for at sikre, at danske virksomheder også i fremtiden kunne udnytte informationsteknologiens store potentielle muligheder fuldt ud. Indsatsen skulle primært lægges inden for områderne: Digitale bygningsmodeller, CAD-struktur, CAD-oversættere, CAD-interfaces til applikationer, EDI, Facilities Management og GIS. ATV-udvalget (IT-BYG Udvalget) foreslog endvidere, at der blev dannet et slagkraftigt “Byggeriets IT-center”, som kunne trække IT-udviklingen i byggeriet videre frem. Kernen i centret skulle være et permanent FoU-miljø rettet mod tekniske aspekter, men centret skulle også arbejde med økonomiske, juridiske og ikke mindst organisatoriske problemstillinger. Centret skulle danne basis for både forskning, udvikling, undervisning og implemente-

ring. Endvidere skulle centret støtte interaktionen mellem IT-anvendelse og byggeprocessens organisering.

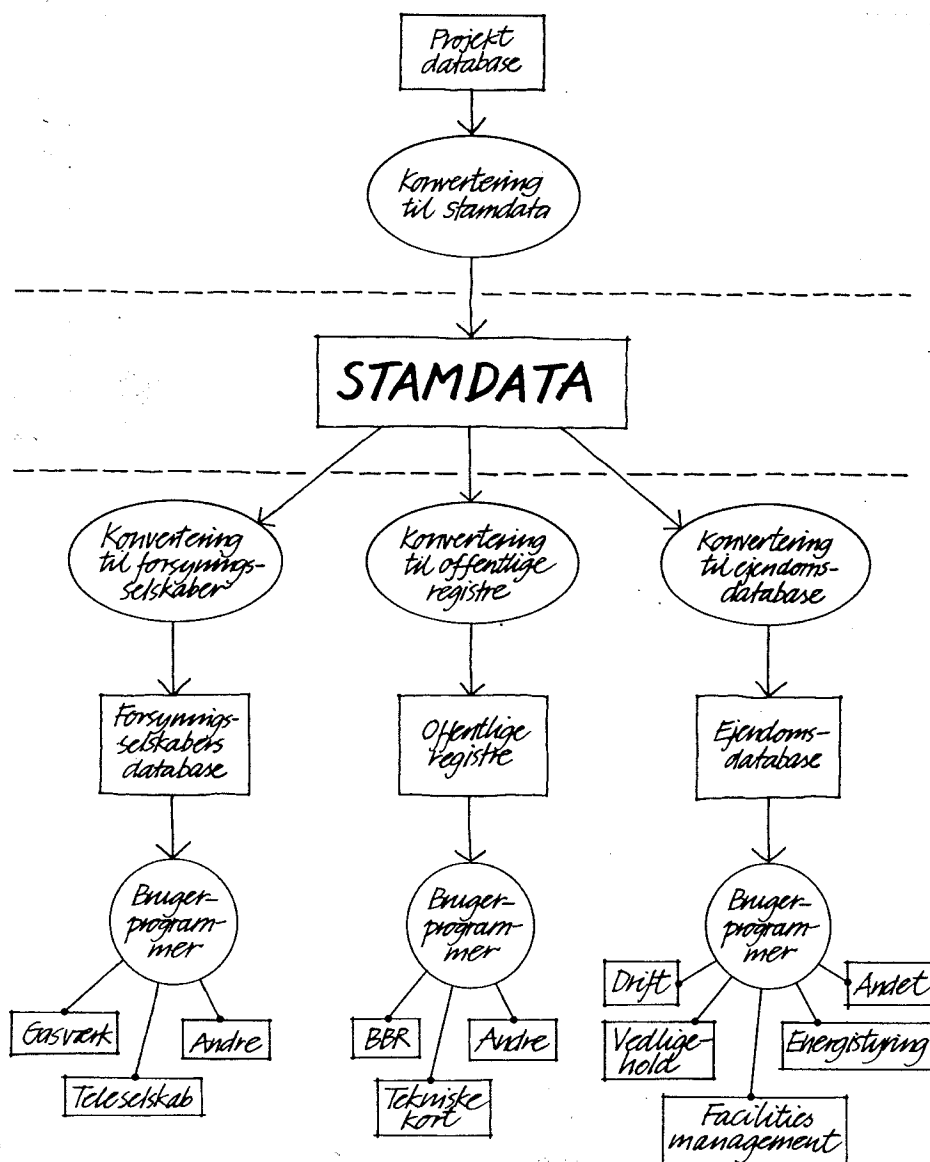
Det foreslåede "Byggeriets IT-center" er endnu (dec. 97) ikke blevet en realitet.

Det kan konstateres at der i perioden var fokus på digitale bygningsmodeller, CAD-strukturer, -oversættere etc. Begreberne EDI og Facilities Management begynder også så småt at komme i fokus. Indsatsen for at strukturere sine digitale data er nok det mest iøjnefaldende i perioden. Datastrukturer for CAD-data forsøges sat i rammer. Dette bekræfter et af Boligministeriet iværksat projekt også. Nemlig deres krav til struktur og udvekslingsformat for *stamdata* som iværksættes i 1994. Projektet kan summeres således:

CIS-CAD strukturen

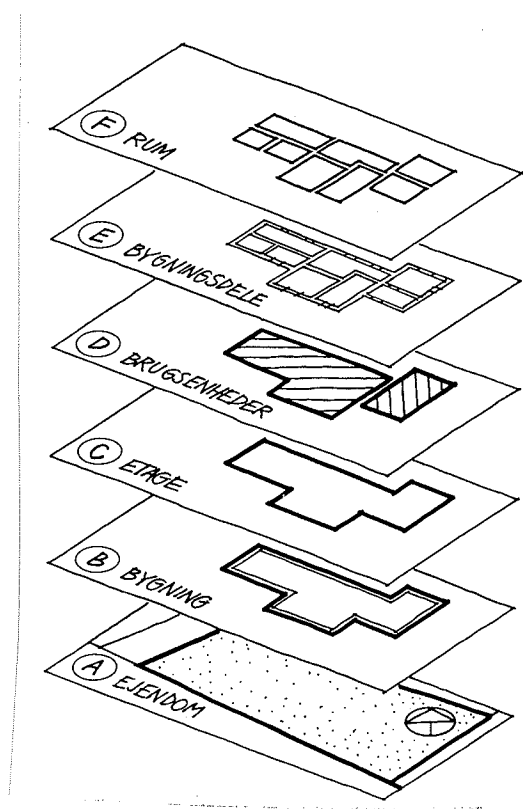
Tiltaget omhandler Boligministeriets krav til datastruktur for de projektdata (kaldet stamdata), som kan uddrages af projektdatabasen hos de projekterende, med henblik på en efterfølgende genanvendelse hos bygningsejere, offentlige myndigheder og forsyningsselskaber. CIS-CAD strukturen vil blive gældende ved offentligt og offentligt støttet byggeri samt byfornyelse. CIS-CAD strukturen bygger på- og anbefaler anvendelsen af det omfattende arbejde vedrørende CAD-projektering, CAD-struktur og CAD-dataudveksling der er gennemført inden for rammerne af TR-initiativet: "Dataudveksling i byggesektoren".

Formålet med CIS-CAD var at sikre systematisk genbrug af data fra projektdatabasen til efterfølgende anvendelse i bygningsejernes ejendomsdatabaser, offentlige registre men også i forsyningsejeres databaser. Dette skulle gøres ved at standardisere arbejdet med udsortering, aflevering og efterfølgende indarbejdning af projektdata i de nævnte databaser. Figur 6.1 viser det "informationsflow" som tiltænkes via CIS-CAD tiltaget.



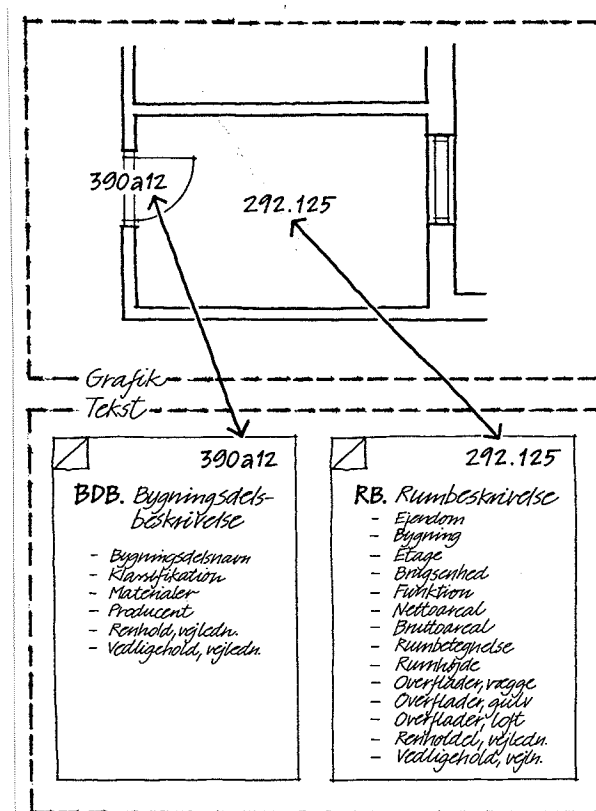
Figur 6.1. Fra projektdatabase til ejendomsdatabase, offentlige registre og forsynings-selskabers databaser. Figur fra Boligministeriet [1997a].

For at lette arbejdet med udsortering, aflevering og efterfølgende indarbejdning af projektdata i de nævnte databaser, er informationsbehovet opdelt i en struktur som vist i figur 6.2, som er fundet formålstjenlig for de aktuelle datamodtagere.



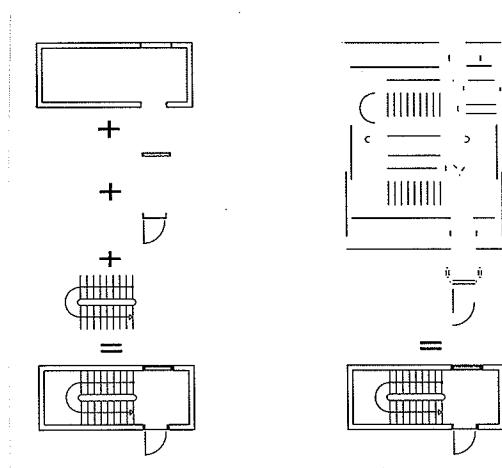
Figur 6.2. CIS-CAD indeholder en datastruktur som organiserer projektdata i seks hovedgrupper. Figur fra Boligministeriet [1997a].

Det er en forudsætning for anvendelsen af CIS-CAD, at projekteringen gennemføres på CAD og at der arbejdes "objektorienteret". Ved objektorienteret menes der i denne sammenhæng, at den projekterende tilvejebringer en sikker kobling mellem tegning og beskrivelse. Herved vil bygningsadministratoren efterfølgende direkte fra rumnumre påført en etageplan f.eks. være i stand til at hente de beskrivelser om arealer og overflader, der knytter sig til de enkelte rum. I denne objektdefinition er ikke indbefattet krav til "intelligens" etc. i objektet, som beskrevet i Sørensen [1997a]. Objekterne repræsenteres i CIS-CAD ved grafisk og alfanumerisk information. Der skal være en entydig reference mellem den grafiske og den alfanumeriske information for et objekt. Denne reference etableres ved et objekt-ID. Referencen via et objekt-ID er illustreret på figur 6.3.



Figur 6.3. CIS-CAD's objekt-ID kobler grafik og tekst. Eksempel for to objekter (rum og dør). Figur fra Boligministeriet [1997a].

CIS-CAD objekternes grafiske del kan benyttes til at opbygge tegninger med. Figur 6.4 viser forskellen mellem opbygning af en tegning henholdsvis via CIS-CAD objekter og ved en traditionel metode af enkeltstående streger.



Figur 6.4. Forskellen på afbildningsform når en tegning opbygges med "CIS-CAD objekter" i forhold til traditionelle streger. Figur fra Boligministeriet [1997a].

CIS-CAD indeholder også et aftalegrundlag for den projekterendes aflevering af disse stamdata til bygningsejeren efter byggeriets afslutning. En naturlig aftale vil være, at forbehandling af stamdata udføres af de projekterende, og at en efterbehandling udføres af bygherre/ejendomsadministrator. CIS-CAD vejledningen indeholder en anbefalet mængde af stamdata til aflevering. Såfremt bygherren ønsker at ændre på det anbefalede omfang, kan dette specificeres ved egne afkrydsninger. Et eksempel på en bygherres afkrydsning af ønskede stamdata er vist i figur 6.5. De fortrykte krydser angiver det anbefalede minimumsomfang af stamdata for en del af hovedgruppe A som blev vist på figur 6.2. Det ses af figur 6.5, at være nogle "temagrupper". Med udgangspunkt i de seks hovedgrupper fra figur 6.2, organiseres stamdata i disse temagrupper, som igen kan indeholde et eller flere temaer. Hver temagrupper er identificeret med en trecifret kode. Hvor muligt, i henhold til SfB bygningsdelstavlen. Underopdelingen i temaer er foretaget med udgangspunkt i den forventede anvendelse af stamdata i ejendomsdatabasen, offentlige registre og hos forsyningsselskaber. Inden for hvert tema er beskrevet de objekter, som temaet indeholder.

Temagruppe / tema		Grafik Tekst Ansv. Notater			
030	VANDDIAGRAMMER	×		W	Modelfil 03001_CW.DWG
031	VARMEANLÆGSDIAGRAMMER	×		W	Modelfil 03101_CW.DWG
032	VENTILATIONSIDIAGRAMMER	×		V	Modelfil 03201_CV.DWG
033	EL-DIAGRAMMER	×			Tema leveres ikke
034	EL-TAVLETEGNINGER	×			Tema leveres ikke
035	ANDRE SKEMAER, DIAGRAMMER	X		W	Afløb, Modelfil 03501_CW.DWG
036	NØGLESKEMAER				
099	GENERELLE ANNOTATIONSTEKSTER				

GRAFISK INFORMATION

De anførte temagrupper omfatter diagrammer for bygningsinstallationer og andre grafiske data, som er uden målforhold. Der anvendes ikke objekt-ID.

TEKSTINFORMATION

Der knytter sig ikke tekstinformation til diagrammer, skemaer m.v.

Figur 6.5. Eksempel på bygherrens afkrydsning. De fortrykte krydser angiver det anbefalede minimumsomfang af stamdata. Figur fra Boligministeriet [1997b].

Et eksempel på informationsindhold for et objekt inden for et specifikt tema er givet i figur 6.6.

GRAFISK INFORMATION	<p>Den grafiske information for temaerne under A2 (objekter på/i grunden udover bygninger) skal tillige indeholde:</p> <ul style="list-style-type: none">• Objekt-ID (for hvert objekt)• 2 hjørnepunkter i polygoner for matrikler angivet som koordinatkryds med pkt.nr. (Samme nummerangivelse som i temagruppe 100b) <p>For det enkelte tema kan den ønskede detaljering af den grafiske information anføres under notater.</p>
TEKSTINFORMATION	<p>Tekstinformation skal for samtlige temaer under A2 (objekter på/i grunden udover bygning) struktureres efter følgende overskrifter:</p> <ul style="list-style-type: none">○ Objekt-ID○ Objekt navn○ Klassifikation○ Omfang (def. af objektets afgrænsning, f.eks. mod andre objekter)○ Materialer○ Producent/leverandør○ Henvisning til byggevareinformation○ Renhold, vejledning○ Vedligehold, vejledning○ Øvrige oplysninger

Figur 6.6. Grafisk og alfanumerisk informationsindhold til objekter tilhørende temaer under hovedgruppe A "Ejendom". Figur fra Boligministeriet [1997a].

Brugen af CIS-CAD er indtil videre frivillig (maj 1997), men Boligministeriet anbefaler, at vejledningen anvendes i alle nye byggesager såvel offentlige som private. Det er endnu ikke afgjort, hvornår CIS-CAD gøres obligatorisk for det offentlige byggeri, men ifølge Boligministeriet vil dette ske i 1999. Det er hensigten at vejledningen indtil da, kan benyttes ved alt offentligt og støttet byggeri samt ved byfornyelse. CIS-CAD er system-uafhængigt. Det betyder, at de projekterende og ejendomsadministratoren ikke behøver at bruge de samme EDB-systemer.

Et andet fokusområde bliver mod slutningen af denne periode, at opnå større "vertikal integration" af virksomhederne på byggeområdet, blandt andet ved hjælp fra informationsteknologien. Endvidere begyndte man nu mod slutningen af denne periode også at betragte *processerne* i byggeriet. Kunne man optimere projekteringsprocessen og byggeprocessen ved hjælp af informationsteknologi så kunne konkurrenceevnen vinde derved. Er-

hvervsfremme Styrelsen iværksatte i 1994 *Proces- og Produktudviklingsprogrammet i byggeriet*. Lad os se lidt nærmere på det:

Proces- og Produktudviklingsprogrammet (PPU)

Programmet er planlagt til at fortsætte frem til 1998 og der er i alt afsat 50 mio. kr. til formålet. Formålet var blandt andet at fremme samarbejdet mellem og den vertikale integration af virksomhederne på byggeområdet. Endvidere var formålet at fremme konkurrenceevnen gennem produkt-, procesudvikling og innovation inden for byggeriet [EDI-byg, 1996]. I programmet lægges "vægt på, at der i udstrakt grad anvendes informationsteknologi i byggeprocessen". Der vil "...endvidere blive lagt vægt på, at der anvendes elektronisk dataudveksling (EDI) i forbindelse med udførelsen." Af EDI-byg [1996] fremgår det endvidere at programmet efter en prækvalifikations- og konkurrencefase vil blive gennemført i fire konsortier, hver bestående af en arkitekt, en rådgivende ingeniør, en entreprenør og evt. flere fagentreprenører, i forbindelse med almennyttigt boligbyggeri.

Der er blevet igangsat 57 projekter i PPU-programmet fordelt under emnerne organisation, produkt og løsninger, miljø, proces samt informations-teknologi, koordination og formidling samt diverse. Det er vidt forskellige emner der behandles i disse projekter men et par af dem har temaerne *CAD og mængder-* og *EDI*. To projekter indeholder EDI mens flere af de 57 projekter omhandler IT, hvor EDI eventuelt kan indgå [EDI-byg, 1996].

Tiden skiftede nu og der blev efterhånden sat fokus på nogle andre områder, eksempelvis på ansvarsforhold i forbindelse med digitale data, informationsadgang og kommunikation. Man begyndte at indse, at de problemer der skulle løses i forbindelse med udveksling af digitale data ikke alene var at teknisk karakter men der skulle også være et fælles grundlag til stede for ansvar i forbindelse med benyttelse af et digitalt projektgrundlag. Standardiseringstiltag indenfor EDI-kontrakter etc. opstartede også.

1995-98 Ansvar, standardisering, informationsadgang og kommunikation

Som nævnt var fokus nu flyttet fra CAD-strukturer, -udvekslingsformater, digitale bygningsmodeller og mere i retning mod aftaler og ansvar, EDI-standarder, informationsadgang og digital kommunikation mellem bygge-

riets parter. Renovering er samtidigt kommet i fokus indenfor området, og et par projekter inden for IT er da også iværksat, eksempelvis *Elektronisk udbud og tilbud ved renovering* et projekt der hører under Boligministeriets treårige udviklingsprojekt *Projekt Renovering* som blev opstartet i 1995. EDI er efterhånden kommet en del i centrum i debatten om IT i byggeriet og projekter igangsættes indenfor området. EDI-Byg, en forening der har at gøre med udbredelsen af kendskabet og anvendelsen af EDI i den danske byggesektor er blevet etableret og Dansk EDI-Råd udgiver en *Anbefaling for brug af EU's EDI-standardkontrakt til elektronisk dataudveksling (EDI)* i maj 1995. Lidt nærmere forklaring til denne anbefaling:

Anbefaling for brug af EU's EDI-standardkontrakt

Dansk EDI-Råds udvalg for jura og sikkerhed har gennemgået en af EU-kommissionen udarbejdet europæisk standardkontrakt for elektronisk dataudveksling (EDI). Formålet med initiativet er, at Dansk EDI-Råd vil anbefale danske virksomheder og offentlige myndigheder, at anvende denne standardaftale, fremfor at udvikle egne standardaftaler. Udvalget ønsker endvidere, at udbrede den kendsgerning, at hvis EDI-anvendelse sker *uden* anvendelse af en udvekslingsaftale, kan den bevismæssige sikkerhed i tilfælde af efterfølgende tvister, være reduceret.

Dette får samtidig Boligministeriet til at erkende behovet for at der bliver udarbejdet en fælles *metode* gældende ved indgåelse af aftaler ved udveksling af digitale projektdata imellem projekterende. De udgav således i 1995 hæftet *Aflevering af digitale projektdata. Ansvars- og aftaleforhold*. Dette var en anbefaling af en standardmetode til indgåelse af aftaler ved udveksling af digitale projektdata mellem projekterende. I hæftet skelnes der mellem "EDI" som er en kommunikationsform og "aflevering af digitale projektdata" som er en ydelse.

Der er nu efterhånden en udbredt opfattelse af at EDI er kommet for at blive, især når man skeler lidt til vores naboland Sverige. Her stormer EDI-anvendelsen frem i den svenske byggesektor. Det er i Sverige de store entreprenører der går foran, idet de er gået sammen om at drive EDI-udvikling og -anvendelse i svensk byggeri. Det er Svensk Byggtjänst som er finansieret af samtlige byggeriets organisationer, som er vært for det svenske "EDI Bygg". I Sverige har man i første omgang fokuseret på handels-

dokumenter, men har også taget fat på tilbudslistes, mængdefortegnelser og CAD.

I Frankrig anvendes EDI i dag af arkitekter, rådgivere, entreprenører, leverandører, driftsorganisationer og bygherrer. Ved brug af EDI falder betaling fra den offentlige bygherre i øvrigt 15 dage hurtigere end ved brug af papir [EDI-byg, 1996].

I Finland er EDI-udviklingsaktiviteterne blevet drevet af det finske teknologiudviklingscenter som en del af det statslige RATAS III-program om industrialiseret byggeteknologi. EDI anvendes i Finland i "industridelen" af byggeriet i forbindelse med handel med byggevarer. Finland ser i øvrigt væksten i Internettet som mulighed for at tilbyde nye services [EDI-byg, 1996].

I Holland er man kommet langt med EDI-anvendelse blandt leverandører og grossister, ligesom i Danmark. I Holland har der dog yderligere været nogle store entreprenører som lokomotiver og deltagere i det europæiske EDI-samarbejde. HBG (Hollandsche Beton Groep) med en omsætning på NLG 6 mio, 19.000 ansatte har forberedt sig på EDI i fem år. De har deltaget i udviklingsarbejde, ændret egen organisation, tilpasset interne systemer, bl.a. godkendes alle fakturaer på skærmen mv. og firmaet anvender i dag EDI til modtagelse af fakturaer [EDI-Byg, 1996].

Det faktum at EDI er kommet i søgelyset i den danske byggesektors videre informationsteknologiske udvikling retfærdiggør en noget nærmere præsentation af et dansk projekt som blev initieret af EDI-Byg, og blev gennemført med støtte fra Boligministeriet. Projektet benævnt *Det offentliges rolle ved indførelse og anvendelse af EDI i dansk byggeri* blev opstartet i 1995 og forløb frem til maj 1996. En nærmere beskrivelse af projektet gives her på baggrund af EDI-Byg [1996]:

Det offentliges rolle ved indførelse og anvendelse af EDI i dansk byggeri

Jvf. EDI-Byg [1996] var projektets formål at gennemføre et udredningsarbejde om det offentliges rolle ved indførelse og anvendelse af EDI i dansk byggeri. Udredningsarbejdet omfattede områder, hvor det offentlige selv kunne have en direkte aktiv rolle og områder hvor det offentlige kunne fungere som støtte for den private sektor.

Projektet skulle resultere i forslag til offentlige tiltag, der efterfølgende kunne fungere som grundlag for fastlæggelse af en handlingsplan for offentlige instanser (Boligministeriet, øvrige ministerier, offentlige bygherrer, amter etc. i den danske byggesektor).

Projektet gav først og fremmest en status for anvendelse af EDI i dansk byggeri. Det blev fastslået at EDI må defineres som et samarbejde. I EDI-Byg [1996] står der: "Grundlaget for samarbejde skal være til stede, der skal være et mål med og retningslinier for samarbejdet samt eksistere en velvilje fra de involverede parter. Samarbejdet er et spørgsmål om at give og tage, at åbne op, at turde- og det skal man være parat til." Kapitlet om EDI i dansk byggeri sammenfattes således.

- den eksisterende EDI-anvendelse er blandt andet lykkedes ved et samarbejde mellem erhverv og brancheorganisationer
- EDI er/har været prioriteret lavt i størsteparten af byggeriets virksomheder og organisationer samt inden for det offentlige
- EDI anvendes mest i "industridelen" som de projekterende og udførende oftest ikke regnes som tilhørende til byggeriet, og hvor informationsstrømmene anses for at være meget enkle
- uden for industridelen er der ingen, som føler sig som oplagte EDI-lokomotiver

og desuden

- i den samlede byggeproces optræder mange aktører med hver deres rolle. Oftest opfatter hver enkelt sin rolle som en selvstændig proces i processen, løsrevet fra den samlede værdi- og informationskæde
- informationer udarbejdes for at udføre en opgave, men også for at sikre den enkeltes rolle, begrænse ansvar m.v.
- det er en udbredt opfattelse, at byggeriets informationer er meget komplekse, og at EDI-anvendelse for størsteparten vil være vanskelig eller måske umulig
- hver byggeopgave er i princippet ny, og anvendelse af fælles "kodeks" har været varierende
- sektoren har oftest kun anskuet byggeprocessen, dvs. fra et byggeri blev påbegyndt, og til det stod færdigt, og ikke en bygnings hele livscyklus, dvs. fra en bygning er rejst, og til den nedrives/fjernes- og dermed ikke

den samlede mængde af informationer, som følger en bygning gennem dens levetid

I projektet blev der draget sammenligninger til EDI-anvendelse i byggeriet i andre europæiske lande, i alt 7. Endvidere blev sammenligninger draget til EDI-anvendelse i andre danske sektorer (Transportsektoren og sundhedssektoren). På områder lå Danmark tilbage fra de andre lande når det gjaldt EDI-anvendelse og på andre områder lå vi foran. I hvert fald på et punkt: EDI anvendes i mindre håndværksvirksomheder i forbindelse med køb af byggevarer, og dette ses ikke i andre europæiske lande. Fælles for fremgangsrige danske EDI-sektorer (finanssektor, dagligvarehandel, transport- og sundhedssektor mv.) har blandt andet været, at de har været initieret eller drevet af en central organisation, f.eks. en brancheorganisation, en ministeriel styrelse, et EDI-samarbejde. Der har endvidere været anvendt en fælles terminologi eller kodeks, f.eks. vedrørende recepter, gods-transport, tolddeklarationer.

Yderligere har incitamentet været rationalisering og arbejdet har været baseret på faste, veldefinerede samarbejder. På flere af disse områder adskiller byggesektoren sig dog fra de andre mere EDI-venlige sektorer. Eksempelvis kan nævnes, at der ikke umiddelbart findes et naturligt tilhørssted for byggeriets EDI-aktiviteter, jvf. finanssektorens EDI-aktiviteter i Finansrådet eller sundhedssektorens i Sundhedsstyrelsen. Endvidere har byggeriets mange organisationer og styrelser haft varierende interesse i at udvikle, drive eller understøtte en fælles byggekodeks. Incitamentet i offentlige sektorer, som i dag bruger EDI, har bl.a. været besparelse i offentlige løbende driftsudgifter. I byggeriet er udgifterne primært anlægsudgifter (éngangsudgift). Endvidere kan det hævdes at det teknologiske grundlag ikke eksisterer i dansk byggeri. I "byggedelen" (entreprenører, rådgivere etc.) af byggesektoren er samarbejdet ofte sagsafhængigt. I "industri-delen" (producenter, grossister) af byggesektoren eksisterer det faste samarbejde, og byggevaregrossisterne har i forbindelse med køb og salg af byggevarer fungeret som EDI-lokomotiver. De har stillet krav og ydet støtte til producenter og håndværkere.

I projektet analyseres også det EDIFACT-udviklingsarbejde der har foregået på et internationalt plan med henblik på at få defineret en fælles standard for udveksling af data. En standard som skal være uafhængig af systemer, kommunikation mv. og som fastsætter anvendelse og indhold af

dokumenter/meddelelser. Standarden kaldes EDIFACT og er en international standard for dataudveksling for dokumenter vedrørende administration, handel og transport. EDIFACT-udviklingsarbejdet er foregået siden midt i 1980'erne og er på et internationalt plan sket i FN-regi. Frem til medio 1995 har EU på flere måder støttet det tilsvarende europæiske EDIFACT-udviklingsarbejde. I efteråret 1995 var godkendt 42 EDIFACT-meddelelser som internationale (ISO)-standarder og europæiske CEN-standarder.

EDIFACT-udviklingsarbejdet er på europæisk plan foregået branchevis i meddelelsesudviklingsgrupper. Således er byggeriets meddelelsesudvikling foregået i European Expert Group 5 (EEG5), Architecture, Engineering and Construction. Fra EEG5 foreligger pr. medio 1996 følgende byggefaglige EDIFACT-meddelelser:

Bygherrens udbudsmateriale	(Invitation to Tender)
Hovedentreprenør eller	
underentreprenørs tilbud	(Tender)
Aftale om udførelse af byggearbejde	(Establishment of Contract)
Staderapport	(Quantity Valuation)
Acontobegæring	(Direct Payment Valuation)
Uddybning af poster i acontobegæring	(Work Item Quantity Determinat)
Accept af acontobeløb	(Payment Valuation)
Varsel om kommende arbejder	(Advice on Pending Works)
Svar	(Response on Pending Works)
Tidsplan	(Project Task Planning)
CAD-aftale	(Drawing Organisation)
Administration af CAD-filer	(Drawing Administration)
Cirkulationsliste	(Circulation List)
Distributionsliste	(Distribution)
Svar på distribution	(Distribution Response)

Ti lande er samlet i den paneuropæiske EDIBUILD som er en paraplyorganisation for nationale EDI-brancheforeninger for byggesektoren, bl.a. for det danske EDI-Byg. Der har til tider været dansk deltagelse i det europæiske EDIFACT-standardiseringsarbejde.

EU-støtten til EDIFACT-udviklingsarbejdet er nu bortfaldet og udviklingsarbejdet er flyttet fra at have sin egen selvstændige organisation i EU til CEN. Dette er et problem for byggeriet, idet EDIBUILD ikke har økonomi

til at opretholde hidtidige aktiviteter, og fordi der ikke umiddelbart findes en europæisk eller international byggeorganisation som EDIBUILD naturligt kan læne sig opad. I projektet påpeges at det endnu (maj 1996) ikke er afklaret, hvorledes fremtiden vil se ud for det europæiske EEG5 og EDIBUILD. Projektet redegjorde også for, at der både på europæisk og nationalt plan har været og er interesse for EDI. Af væsentlige politiske initiativer i EU og i DK har været Bangemann-rapporten, SIMAP, TEDIS og i Danmark Info-samfundet år 2000, Trepartsforhandlinger, IT-handlingsplan 1996. Disse politiske initiativer har resulteret i nogle IT-projekter som eksempelvis Proces- og Produktudviklingsprogrammet og Projekt Renovering. De politiske initiativer skal ikke beskrives her, de kan findes i EDI-Byg [1996]. De tre nævnte IT-projekter er beskrevet andetsteds i denne afhandling.

Projektet klarlægger nogle af de barrierer og muligheder for fremtidens EDI-anvendelse og -udvikling i dansk byggeri. Af de væsentligste kan her nævnes:

Barrierer

Strukturproblemer, manglende samarbejde og lokomotiver, manglende softwareudvikling specielt for byggeriet, ingen standarder

Muligheder

Ændrede roller og processer-nye samarbejdsformer, standardiserede administrative processer (rentabilitet), kodning og klassifikation, softwareudvikling (strategiske samarbejder...området skal være tiltrækkende for softwarebranchen), offentlige tiltag (krav og belønning ved EDI-anvendelse)

Sluttelig sættes i projektet fokus på det offentliges rolle ved EDI-anvendelse og EDI-udvikling i dansk byggeri. Det nævnes i EDI-Byg [1996], at "det offentlige har mulighed for på en række områder at fungere som en magtfaktor i dansk byggeri dette gælder også i forbindelse med EDI, IT mv. Her har det offentlige generelt set hidtil ikke været særlig bevidst om dets muligheder".

Der peges på nogle overordnede aktiviteter som det offentlige selv kan sætte i værk (eller foranledige andre til):

- stille krav om anvendelse af EDI på udvalgte områder
- efterspørge anvendelse af EDI på andre områder
- sætte sig i stand til at anvende EDI på en række områder
- gøre det attraktivt at anvende EDI
- følge, deltage i eller initiere standardiseringsarbejde på internationalt, europæisk og nationalt plan
- melde standarder ud
- opfordre brancheorganisationer til at gå foran og til at vejlede deres medlemmer om IT- og EDI-anvendelse
- foretage en kortlægning af EDI-landskabet, bestående af mange forskellige parter, erhvervsområder og interesser
- koordinere og udstikke retningslinier for projektinitiativer, der eksisterer nu og fremover, med henblik på at styre og forstærke indsatsen vedrørende IT og EDI
- udarbejde egen IT-plan for forvaltning af støttet byggeri mv.

Endvidere peges på nogle konkrete initiativer her og nu:

- iværksætning af kampagne om brug af e-post i samarbejde mellem ministerier og brancheorganisationer
- offentlige indkøb af ydelser med EDI
- deltagelse i EDI-organisationer, f.eks. Dansk EDI-Råd og EDIBUILD
- gennemgang af ministeriel lovgivning med relevans til området og kortlægning af landskab for aktører, brancheinteresser og processer
- støtte til udvikling, fastlæggelse og udbredelse af EDI-standarder
- sammenkædning af hidtidige erfaringer og projektræsultater samt overblik over og koordinering af fremtidig indsats
- fastlæggelse af standard for udførelse, drift og vedligeholdelse af offentlige bygninger samt krav om anvendelse heraf

Endelig peges i projektet på nogle langsigtede initiativer der kan iværksettes af det offentlige. Der peges på overordnet lovgivning vedrørende EDI, juridisk ansvar og økonomiske forhold, analyse af byggeriets informationer med henblik på en prioritering af indsatsområder og standardisering, styrket indsats til målrettet forskning og analyser vedrørende praksiserfaringer og rentabilitet, styrkelse af uddannelse og efteruddannelse vedrørende IT- og EDI-aspekter.

Sideløbende med disse ansvars-, standardiserings- og EDI-tiltag opstarter et arbejde herhjemme som en del af et større internationalt samarbejde. I de seneste ca. to år har Danmark således deltaget i det internationale samarbejde, benævnt IAI, som blev beskrevet i kapitel 5. IAI-samarbejdet resulterer i nogle IFC-standarder som blandt andet fastlægger de metoder hvorefter fælles IFC-objekter skal struktureres og udveksles mellem forskellige applikationer. Der henvises til kapitel 5 for en dyberegående beskrivelse af IAI-samarbejdet.

Fokusområdet "Fælles datastrukturer" dukker altså op igen. Men samtidig hermed er kommunikationen nu for alvor kommet i centrum. Det er kommunikationen mellem virksomhederne som samarbejder digitalt som er kommet i centrum. Dette er sket i takt med lokalnetværkernes enorme udbredelse i ca. 40 til 50 procent af virksomhederne [Sørensen, 1996]. Samtidig er den eksterne digitale udveksling mellem byggesektorens virksomheder steget de seneste ca. 4-5 år til et meget væsentligt niveau.

Abb udgiver da også i april 1996 en pjece ved navn *ISDN- telebaseret CAD udveksling*. Et initiativ der sigtede på at få styr på kommunikationen indenfor byggebranchen. Det blev konstateret, at der var to væsentlige barrierer som har lagt sig hindrende i vejen for et dansk ISDN gennembrud i byggesektoren 1) Manglende branchestandard virker hæmmende for en rationel udnyttelse af teleforsendelse af CAD-data. Alle kan i princippet kommunikere med alle, men det kræver altså at man har samme system i begge ender. 2) Det har været for dyrt. ISDN fungerer hurtigt og sikkert, men prisen overskred indtil for nylig smertetærsklen for den typiske rådgiver/udførende. De mest anerkendte systemer kostede nemt omkring 25.000 kr. i anskaffelse i "hver ende". Konsekvensen har hidtil været, at filer er blevet udvekslet ved at sende disketter frem og tilbage. Op til et par hundrede disketter har cirkuleret i en sag med filer og versioner af filer for projektet. Det er både uoverskueligt og risikobehæftet [Abb, 1996]. Der blev peget på en bestemt pakke- en Abb TARGO ICS som den "ISDN-løsning" der udmærker sig med den bedste pris/-ydeevne, eller som en netværksløsning- TARGO LAN.

Med netværkernes udbredelse (lokalnetværker, Internettet, Intranet) kommer også kravet eller behovet for *informationsadgang* i centrum. Adgangen til eksempelvis digitale byggevoresdata som kan hentes, via nettet, fra producenter/leverandører og genanvendes direkte i et nyt projekt. Adgan-

gen til hinandens projekthinformationer. Adgang til centrale virksomhedsoplysninger via lokalnetværk, Intranet etc. Specielt Internettet har åbnet op for en nem adgang til information og kommunikation. Men samtidig er Internettet på grund af sin voldsomme vækst allerede på vej til at blive kaotisk. Denne kendsgerning gælder ikke mindst for de af byggesektorens professionelle parter som ønsker at benytte Internettet som adgang til relevant "værdi-information". Situationen vil blive forværret, såfremt alle leverandører af information til byggeriet i fremtiden etablerer deres egen struktur og indgangsdør til elektronisk information. Dette ansporede blandt andre firmaet Byggecentrum til at forsøge at sætte styr på informationerne rettet til byggesektorens professionelle. Et projekt benævnt *Byggedata Online* blev iværksat og er forklaret her:

Byggedata Online

Et Internet-baseret informationssystem udviklet af Byggecentrum som et værktøj for den danske byggesektors parter. Man kan betragte systemet som et elektronisk informationstov for professionelle i byggesektoren på Internettet. Systemet er primært henvendt til de projekterende og udførende som brugere af systemet og primært til producenter og leverandører som informationsleverandører. Ideen er, at digital information omkring byggevarer men også omkring publikationer, licitationer, kurser etc. gemmes i en struktureret form på en central database styret og vedligeholdt af Byggecentrum og tilgængelig for brugerne via Internettet. Et interface med tilknyttet søgemaskine giver brugerne adgang til at søge og hente information fra en standard Web-browser. Informationsleverandører kan gennem samme interface (med et login-navn) gemme deres informationer som de ønsker skal være tilgængelige via systemet.

Informationerne kategoriseres overordnet i henhold til SfB. Strukturen af de lagrede informationer (grafiske som alfanumeriske) søges lagt i filformater som kan hentes og umiddelbart genbruges, f.eks. af de projekterende.

Som følge af Internettets udbredelse og den satsning der i indeværende periode gøres på EDI, er der også igangsat andre initiativer i retning af *at beholde informationerne i digital form*. Et eksempel herpå er foreningen EDI-Byg's initiativ til et pilotprojekt som gennemføres med støtte fra Bo-

ligministeriets Projekt Renovering som allerede er introduceret. Kort beskrivelse af projektet:

Elektronisk udbud og tilbud via Internettet

Projektet omhandler en byfornyelsesopgave på Frederiksberg hvor udbud og tilbudsgivning dette efterår (1997) er gennemført elektronisk. Totalrådgiver er Triarc Arkitekter og hovedentreprenør samt IT-rådgiver ved udbud og tilbud er Højgaard & Schultz A/S. Opgaven blev udbudt i bunden licitation i fem fagentrepriser. Det elektroniske udbudsmateriale blev placeret tilgængeligt på Internettet medio oktober og de elektroniske bud fra fagentreprenørerne blev åbnet den 11. november 1997. Et af formålene med at lave dette elektroniske udbud har været at opnå administrative besparelser, både for udbyder og tilbudsgiver idet kommunikationsvejene bliver kortere. Endvidere behøver tilbudsgiver ikke personligt at møde op til licitationen. I nogle tilfælde viste der sig dog nogle praktiske problemer med at overføre projektmaterialet til de bydende via modemopkoblinger, specielt var hastigheden et problem. Et elektronsik udbud og tilbud inddrager i sagens natur flere parter- fra de projekterende til entreprenør, håndværksvirksomhed og leverandør. Nye roller for parterne kan komme til og gamle forsvinde.

Med stigende EDI-aktivitet stiger også behovet for at få løst juridiske aspekter omkring aftaleindgåelser og ansvar bl.a. i forbindelse med tilbudsafgivelse på et digitalt grundlag. Et par tiltag desangående er allerede iværksat. Det ene var Dansk EDI-Råds udvalg for jura og sikkerhed som kom med en anbefaling for brug af EU's EDI-standardkontrakt, det andet var Boligministeriets anbefaling om en standardmetode for aflevering af digitale projektdata. Begge initiativer er beskrevet tidligere i dette kapitel.

Kapitel 7. Gennemslag i praksis

7.1 Køres i samme retning

Gennem kapitlerne 5 og 6 blev udviklingen i henholdsvis den internationale forskning og de danske initiativer på området præsenteret. Sammenlignes de to udviklingsforløb ses at der ikke altid har været fokuseret på samme metoder til løsning af den givne problemstilling. Det er klart, at målet med forskningen blandt andet er at udforske nye muligheder og paradigmer når en given problemstilling søges løst eller belyst. Der er indenfor området afprøvet metoder og paradigmer bl.a. på områderne produktmodellering, kunstig intelligente systemer og integrerede systemer. Forskningsresultaterne er dog endnu ikke slået igennem herhjemme i praksis. Dette skal kommenteres lidt mere. Lad os først se lidt på udbredelsen af produktmodelbaserede- og kunstig intelligente systemer i den danske byggesektor.

7.1.1 Produktmodelbaserede systemer

Benyttes produktmodeller i praksis ?, er de en del af de værktøjer som eksempelvis den danske byggesektor benytter sig af, når der projekteres bygninger, broer etc. ?

Svaret må klart siges at være et nej. Dette er baseret på den udførte IT-undersøgelse i den danske byggesektor. Undersøgelsen medtog således spørgsmål med relevans til produktmodeller. Blandt de i alt 171 besvarende virksomheder, blev der ikke registreret en eneste virksomhed som benyttede sig af egentlige produktmodeller !

Forklaringen må dog, tildels, ligge i den kendsgerning, at der ikke (til forfatterens kendskab) findes kommercielle produktmodeller/ CMB-systemer i Danmark.

Det primære ønske om, at kunne få adgang til og genanvende hinandens informationer i byggeprocessen, må siges at være gældende blandt den danske byggesektors virksomheder. Dette viser resultaterne fra IT-undersøgelse '95 også. Samstemmende resultater fra de tre tidligere, lignende undersøgelser, i den danske byggesektor, og navnlig den seneste af disse, kan bekræfte dette.

7.1.2 Kunstig intelligens systemer

Dette afsnit belyser om informationssystemer som kan grupperes under området kunstig intelligens benyttes i Danmark. Et umiddelbart svar herpå må, som for produktmodellernes vedkommende, siges at være nej. Men der benyttes dog nogle *paradigmer* hentet fra området kunstig intelligens i Danmark. Et eksempel herpå kunne være "objektbegrebet". Objektorienterede metoder indenfor programmering og modellering har således sin baggrund inden for området kunstig intelligens. Der blev i afsnit 4.3 beskrevet metoden *Case-based reasoning* (CBR) samt omtalt *videnbaserede systemer*. Begge henhører under forskningsområdet kunstig intelligens. IT-undersøgelse '95 medtog spørgsmål gående på brugen af videnbaserede systemer. Resultaterne udviste kun i meget ringe grad brug af videnbaserede systemer i forbindelse med projekteringen. Ud af de 171 besvarende virksomheder var der 7 virksomheder som svarede positivt på spørgsmålet.

Ved en nærmere undersøgelse gennem telefoninterview viste det sig, at seks af disse syv systemer ikke kunne karakteriseres som ægte videnbaserede systemer [Sørensen og Andersen, 1996]. Altså, kun en af de 171 besvarende virksomheder havde et system som kunne kategoriseres under området kunstig intelligens. I Sørensen og Andersen [1996] gives nogle bud på årsagsforklaringer til denne meget beskedne udbredelse af systemer henhørende under området kunstig intelligens. Summarisk kan disse refereres til at være:

- Mangel på ressourcer (tid og penge) i virksomhederne til at "oplære" medarbejdere i at benytte og "fodre" videnbaserede systemer
- Mangel på motiverede medarbejdere som vil engagere sig i avancerede computersystemer
- Mangel på tilgængelige (kommercielle) systemer på markedet
- Da der ikke umiddelbart kan købes videnbaserede systemer i Danmark, kræves det af et firma, hvis det ønsker at benytte videnbaserede systemer, at det køber et udviklingsværktøj (eller et programmeringssprog). Dette kunne eksempelvis være Nexpert, Object, Kappa eller Prolog. Medarbejdere "i huset" vil blive draget ind i software-udviklingen pga. den fagspecifikke viden som virksomhedens medarbejdere ligger inde med. En viden som netop skal programmeres ind i det videnbaserede system.

7.1.3 De danske tiltag

I de danske tiltag er der, som nævnt i kapitel 6, taget en mere pragmatisk vinkel til området når det gjaldt om at forbedre dataudvekslingen og -integrationen. Initiativerne har således gået mere i retning af, at angive nogle metoder som branchens medlemmer blev opfordret til at benytte. Eksempler herpå er Boligministeriets CIS-CAD struktur for præsentation og aflevering af stamdata på digital form til bygherren, Abb's forslag til lagopdeling af CAD-data og BPS' TR-initiativ "Dataudveksling i byggesektoren" hvor der blev fokuseret på at skabe et fælles grundlag, til sikring af en hensigtsmæssig anvendelse af CAD-systemerne i den enkelte virksomhed fra projektering til udførelse. Sidstnævnte grundlag skulle tillige muliggøre samprojektering via CAD på tværs af systemer og virksomhedsskel.

Benyttes resultaterne fra disse danske initiativer i praksis? Det er vanskeligt at sige eksakt; flere af initiativerne kører stadig eller er afsluttet for nylig. Nogle kommentarer kan dog knyttes til deres anvendelser, nemlig baseret på IT-undersøgelse '95, Abb's medlemskreds etc.

7.1.3.1 TR-initiativets resultater

Digital bygningsmodel

Den foreslåede "digitale bygningsmodel" som muliggør integreret samprojektering, og bygger på en fælles CAD-struktur, herunder referencefilstrukturen, lader ikke til at være udbredt i den danske byggesektor. I al fald ikke ved udgangen af 1995 hvor IT-undersøgelsen var dateret til.

Objektbegrebet

Objektbegrebet er indført i nogen grad, bl.a. i V&S-kataloger, med den objektdefinition der blev fastlagt gennem initiativet, dvs. "en bestanddel af en bygning som kan være et fysisk objekt i form af en bygningsdel, en komponent, inventar, men også et rum, et torv etc.". Begrebet blev nærmere beskrevet under TR-initiativet i kapitel 6. Indførelsen af dette objektbegreb er sket primært på baggrund af Abb-publikation 2, der vedrørte objektorienteret projektering, med referencefiler og udkom i 1992. Samme

objektbegreb er i det store hele det som anvendes under CIS-CAD strukturen, og vil så pr. automatik blive yderligere udbredt med dennes obligat.

Referencefilteknik og databiblioteker

TR-initiativets referencefilstruktur er ved at vinde godt indpas i sektorens CAD-anvendelse; det samme gælder den foreslåede struktur til databiblioteker. Opbygning og vedligeholdelse af databiblioteker blev udført af mellem halvdelen og to tredjedele af virksomhederne der deltog i IT-undersøgelse '95. Flest blandt ingeniører og landinspektører og med halvdelen af arkitekterne.

CAD-kommunikation

Når det gælder den foreslåede CAD-kommunikation, via modem, og kombineret med højhastighedsforbindelse på det offentlige netværk (ISDN), så er det ikke muligt her at fastlægge det eksakte gennemslag af TR-initiativet. Men ekstern kommunikation, bl.a. via ISDN-forbindelse, blev anvendt af henved halvdelen som deltog i IT-undersøgelsen ved udgangen af -95. Den foreslåede brug af lokalnetværker og oversætter, anvendtes af to tredjedele blandt de rådgivende ingeniører og kombinerede arkitekter og ingeniørfirmaer, og af ca. 40 procent blandt arkitektfirmaer og de udførende.

Elektronisk udtagning af mængder

Hvorvidt den foreslåede elektroniske udtagning af mængder vil slå igennem er stadig uvist, men modellen herfor vil give de udførende en mere rationel udtagning og bearbejdning af mængder. Modellen inkluderer også de projekterende, som skal arbejde "objektorienteret". Der skal endvidere foretages en fagsortering af CAD-data til VVS, murer, tømrer etc. De udførende skal, jvf. modellen, udføre en "indgangskontrol" af byggedele-data og ved hjælp af en prisdatabase, og nogle "EDI-specifikationer", udarbejdes tilbud, materialelister, mængdefortegnelser automatisk på baggrund af de projekterendes CAD-data. Blandt de adspurgte i IT-undersøgelsen, benyttede halvdelen af de få besvarende entreprenører CAD sammen med automatisk mængdeudtagning. Om det var baseret på TR-initiativets model er til gengæld uvist.

CAD-struktur

Hele 97 procent af de rådgivende ingeniørfirmaer i IT-undersøgelsen strukturerede CAD-data. Landinspektørerne gjorde det samme for 91 procents vedkommende. Arkitekterne med knap 80 procent.

CAD-manual

I alt blev en eller anden form for CAD-manual anvendt blandt 40-50 procent af de projekterende, og 25-30 procent blandt de udførende. Ca. hver fjerde manual var baseret på den foreslået gennem TR-initiativet.

7.1.3.2 Abb's lagstruktur for CAD-data etc.

Abb's forslag til lagopdeling i forbindelse med CAD-strukturering anvendes i stort omfang i byggesektoren og er nærmest blevet en de facto standard på området. Lagstrukturen blev udviklet første gang i 1990. Godt to tredjedele af firmaerne benyttede Abb/POINT-lagstrukturen. Resten lavede deres egen strukturering. Ved årsskiftet 1997/98 udsendes den senest reviderede "Abb-publikation 1" om foreningens lagstruktur.

Abb's CAD-manual blev ved udgangen af 1995 anvendt blandt ca. 12 procent af CAD-virksomhederne i IT-undersøgelsen. I nær fremtid vil en master til virksomhedens CAD-manual og CAD-projektaftale udkomme på CD-ROM. Der eksperimenteres også med at lægge de enkelte manualafsnit på html-format, så de kan gøres læsbare on-line fra brugernes skærme.

7.1.3.3 EITI

Et projekt som EITI er nok det danske tiltag som har været tættest på den *internationale* forsknings fokusområde. EITI endte således op med en logisk model for, hvorledes dokumenter som forespørgsler, ordrebekræftelser, fakturaer etc. kunne udveksles mellem byggesektorens parter. En model som blev opstillet på baggrund af informations- og funktionsmodelle-ring, dvs. principper som den internationale forskning har benyttet i stor stil. Modellen har dog ikke fået nogen praktisk betydning i den danske byggesektor.

7.1.3.4 Boligministeriets CIS-CAD struktur

I henhold til IT-undersøgelse '95 var der 4 procent af arkitekterne, 8 procent af de rådgivende ingeniører og 21 procent af landinspektørerne som besvarede undersøgelsen og havde projekteret med krav om CIS-CAD. På det tidspunkt var den første, foreløbige, CIS-CAD vejledning dog først kommet på gaden for halvandet år siden. Der må naturligvis forventes en stigende anvendelse af CIS-CAD strukturen når den i 1999 forventes at blive obligatorisk.

7.1.3.5 Øvrige tiltag

Danmark deltager i disse år i det internationale IAI-samarbejde som blev beskrevet i kapitel 5 og nævnt i kapitel 6. Her forenes et internationalt tiltag altså med et dansk. Samtidig ses af kapitlerne 5 og 6, at der i indeværende periode er fokus på EDI, kommunikation og informationsadgang samt på Internettets muligheder. Såvel på den internationale arena som i Danmark. På disse områder arbejdes således i samme retning. Muligheden for, at den internationale forsknings resultater kan inddrages til fordel for den danske byggesektors behov synes at være nærliggende på denne baggrund.

7.2 Hvilken vej skal man gå ?

Tendensen i Danmark såvel som internationalt går i retning af et stigende EDI-samarbejde blandt byggesektorens parter. Internettet bliver stadig mere udbredt i byggesektoren og tiltag med Internettet som basis for EDI-aktiviteter bliver stadig mere almindelige.

Forskningens resultater sammenholdt med byggesektorens praktiske niveau, udviser på flere felter, ringe eller ingen sammenfald. Det kunne tyde på, at traditionelle forskningsområder som produktmodellering, så at sige er blevet "overhalet af tiden" i takt med indførelse af ny computerteknologi. Og navnlig i takt med Internettets, Web-værktøjers og lokalnetværkers udbredelse.

Aktuelle eksempler på projekter som peger i denne retning er:

- The Computer Integrated AEC
- Virtual Design Studio (VDS)
- Byggedata Online fra firmaet Byggecentrum
- Licitation via Internettet

alle beskrevet gennem kapitlerne 5 og 6

Forskningsminister Jytte Hilden forventer, at den elektroniske underskrift bliver juridisk legal i folketingssamlingen 1997-98 [Byg tek, 1997]. Hvis forslaget går igennem, vil det bane vejen for at sende tilbud på licitationer via Internettet.

Som nævnt i kapitlerne 5 og 6 synes det i indeværende periode at være *kommunikation og informationstilgængelighed* som er i centrum. Betegnelsen IT (informationsteknologi) erstattes da også hyppigt af betegnelsen IKT (informations- og kommunikationsteknologi). Med Internettets nærmest eksplosive udbredelse sammenholdt med branchens fokusering på kommunikation og informationstilgængelighed, synes tiden at være moden til at branchens ønsker/behov og teknologien kan mødes. Man bør forsøge at "gribe chancen" og forskere og softwareudviklerne opfordres hermed til at efterkomme branchens behov. Det kan udtrykkes således, idet overvejelserne gjort i afsnit 7.1 også er inddraget:

Der bør opstartes forskningsprojekter herhjemme, hvor enkel og intuitiv digital kommunikation og informationstilgængelighed, på tværs af faggrænser, og på langs gennem projekterings- og byggeprocessen er målet og hvor netværksbaserede (lokalnet og Internet) informationssystemer er hovedmidlet til at nå målet. Brugervenlighed skal sættes i højsæde. Det bør overvejes om resultater fra EDI-aktiviteterne (EU's standardkontrakt, EDI-FACT-meddelelser etc.) og IAI-samarbejdet (objekt-standardisering, softwarestandard etc.) skal indarbejdes, og i hvilken form. Endvidere bør udvalgte resultater fra TR-initiativet "Dataudveksling i byggesektoren" specielt omkring CAD-manualen, herunder CAD-projektaftalen, samt den opstillede CAD-struktur, biblioteksstruktur etc. forsøges indarbejdet. Der kan også peges på dele af Boligministeriets CIS-CAD struktur, og navnlig selve ideen med at overdrage den digitale projektdatabase, på en udsortet form (stamdata) til bygningsejer, offentlige registre og forsyningsselskaber virker lovende, i ønsket om at opnå større dataintegration. I mindre grad virker objektdefinitionen i CIS-CAD strukturen hensigtsmæssig, idet ob-

jektdefinitionen ikke indeholder noget "intelligens". Endelig skal peges på informationsadgangen, via fælles (Web-tilgængelige) informationsbaser, hvor information om byggevarer, standarder, publikationer etc. kan hentes. Der skal peges på adgang til samarbejdspartneres projektinformationer gennem EDB-netværk. Til sammen vil projekter kunne udføres, som forsøger at integrere disse resultater til en samlet "pakke", til gavn for en kommunikations- og informationstilgængelig "ny byggekultur" hvor informationsdeling og dataintegration bliver en realitet.

I næste kapitel beskrives et nyt udviklet informationssystem som inddrager flere af de netop omtalte behov, forslag og overvejelser. Men til en start gives nedenfor en nærmere diskussion omkring "den vej man skal gå" for derved at få et mere nuanceret billede af sektorens faktiske behov.

Gennem dette Ph.D.-projekt er en række af byggesektorens behov i retning af kommunikation og informationstilgængelighed allerede belyst direkte såvel som indirekte gennem undersøgelser og forsøg. Samtidig er udviklingen i den internationale forskning og de danske tiltag beskrevet. IT-undersøgelse '95 udviste et lavt niveau (ca. 10-13%) af integration af data mellem de forskellige faser i en byggeproces. Dette niveau skal hæves væsentligt de kommende år for at sektoren kan oppebære konkurrencedygtighed overfor udlandet. Denne konklusion må bekræftes af det faktum som IT-undersøgelsen også afdækkede, nemlig at udviklingen i CAD-projektering er i stadig stærk stigning. Mere end 60 % af projektmaterialet udføres således på CAD blandt rådgivende ingeniører.

Det må forventes at en øget CAD-projektering resulterer i et stigende behov for digital dataudveksling. Resultater fra IT-undersøgelse -95 påviser da også en klar tendens hertil. Den digitale tegningsudveksling er således steget fra ca. 50-60 % i juni 1991 og til 70-85 % i oktober 1995 når der måles på andel af virksomheder som i større eller mindre omfang udveksler digitale tegninger med andre virksomheder. Behovet for at *kunne* udveksle dokumenter digitalt er altså særdeles markant. Dette faktum giver blot et endnu større behov for at udvikle systemer som kan lette den digitale udveksling og gøre det så datastrukturer ikke går tabt. Igen kan svaret på disse behov være netværksbaserede løsninger (f.eks. Internettet) sammenholdt med for eksempel IAI-samarbejdets resultater med hensyn til en egnet standard for udvekslingsformat. Som tillægsundersøgelsen viste, havde alle syv deltagende virksomheder problemer med tab af datastrukturer når

der blev udvekslet digitalt mellem virksomhedens forskellige systemer. Og der *er* forskellige systemer. Der blev alene blandt CAD-systemer registreret 13 forskellige systemer. Med en fremtidig brug af IAI-samarbejdets IFC-standard vil tabet i datastrukturer formentlig kunne reduceres.

IT-undersøgelsen gav endvidere indsigt i et stigende behov blandt sektorens parter for mere brugervenlige, intuitive brugergrænseflader til informationssystemer. Samtidig ønskede flere af de adspurgte virksomheder en øget adgang til digitale produktinformationer som kunne indarbejdes direkte i eget projektmateriale. Igen synes kombinationen af netværksbaserede kommunikations- og informationsgivende systemer at være egnede, specielt når kravet til bevarelse af datastrukturer efterleves ved inddragelse af en fælles accepteret standard som eksempelvis IFC. Ser man på det udførte forsøg hos firmaet COWI (se kapitel 3) så peger resultaterne derfra på tendensen:

Øget brug af IT giver en øget effektivitet.

Tendensen forstærkes, såfremt mere brugervenlige, effektive, strukturbevarende informationssystemer bliver udbredt. Og systemer som kan fremme kommunikationen på tværs af sektorens parter og gennem alle projektets faser. Forsøget udviste resultater der indikerer et ca. 20 % forbrug af tid (blandt medarbejdere i en projekterende ingeniørvirksomhed) på at udarbejde dokumenter med brug af IT. Til sammenligning blev der brugt ca. 13 % af tiden på at udarbejde dokumenter uden brug af IT. Den samlede forbrugte tid på intern og ekstern informationsudveksling andrager 12,5 %, altså ca. 40 % af den samlede tid der benyttes til at udarbejde dokumenter, benyttes til at udveksle informationer. Der kunne her igen peges på behovet for en mere effektiv måde at udveksle information.

Gennem forsøget blev det endvidere klarlagt, at de tekniske assistenter er dem som benytter IT mest med ca. 50 % af deres samlede registrerede tid. Omvendt benytter ledere IT mindst med under ca. 10 % af deres tid. En øget IT-anvendelse blandt ledere, og tildels også blandt de øvrige medarbejdere, vil formentlig være medvirkende til at kunne nedsætte tidsforbruget på intern og ekstern informationsudveksling.

Såvel anvendelse af lokalnetværker og IT til brug for ekstern kommunikation vil kunne støtte virksomheder i henholdsvis intern og ekstern kom-

munikation. Lokalnetværker og IT-systemer til brug for ekstern kommunikation er allerede godt udbredt i den danske byggesektor. Det viste IT-undersøgelsen også. Lokalnetværker er således udbredte med i størrelsesordenen 50-60 % blandt virksomhedens parter. Anvendelse af IT i forbindelse med ekstern kommunikation er udbredt med i størrelsesordenen 40-50 %. For såvidt angår den eksterne kommunikation er det primært udveksling via disketter, ISDN-forbindelser og lignende der benyttes. Internetopkobling havde ca. 10 % af de projekterende virksomheder ved undersøgelsens tidspunkt (oktober 1995).

Dette og forrige afsnits præsentation af de samlede karakteristiske resultater fra de udførte undersøgelser og forsøg samt kapitlerne 5 og 6's beskrivelse af udviklingen i henholdsvis den internationale forskning og danske tiltag på området peger på, at byggesektoren nu er moden til netværksbaserede systemer. Systemer som kan støtte kommunikationen og øge tilgængeligheden til viden og information gennem hele byggeprocessen og på tværs af fagområder.

I næste kapitel præsenteres et forslag til et system som netop er udviklet med sigte på at indfri byggesektorens behov i den retning.

Men lad os først se lidt på de ønsker og behov som den danske byggesektors virksomheder har til fremtidige IT-systemer, herunder også udvekslingsstandarder. Endvidere kunne det være interessant at se på sektorens fremtidsplaner med hensyn til digital dataudveksling. Endelig kunne det være spændende i denne forbindelse at kigge på de *ændringer* som byggesektorens parter har registreret i deres virksomheder på grund af IT-indførelse. Har IT eksempelvis resulteret i egentlige ændrede projekterings- og byggeprocesser eller firmaorganisatoriske ændringer? Alle disse spørgsmål er blevet besvaret gennem IT-undersøgelse '95 og virksomhedernes svar gengives i følgende afsnit.

7.2.1 Den danske byggesektors ønsker og behov

Hvad mener byggesektorens parter om hvilken vej vi skal gå ? Her gengives svar på nogle spørgsmål der blev stillet i forbindelse med IT-undersøgelse '95 og som har at gøre med dette emne.

Spørgsmål 1: Hvilke ønsker/behov har virksomheden til fremtidige IT-systemer (incl. hardware) ?

Arkitektfirmaer: 1. Gode manualer på dansk. Let installering. Hurtig indlæsning. 2. Hastighed, pris, størrelse. 3. Enkel og nem plotter. 4. At de er enkle i brug og avanceret i kunnen. 5. Mere brugervenlige. Mindre systemfikserede. 6. Hastighed 7. Hurtigere maskiner. 8. Ekstrem brugervenlighed 9. Alt Windows 95 kompatibelt 10. Til hardware: Bedre design - færre ledninger - styr på spagettien. 11. Bedre arbejdsmiljø (støj, varme, skærmkvalitet). Brugervenlig netadministration. (OS2).

Kombinerede arkitekt/ingeniørfirmaer: 1. Ingen klart definerede. 2. Digital billede/tekst database for referenceproj. udstyr, pgn til 3D modellering 3. At det kører "tip-top", et godt værktøj.

Bygningsejere: 1. Meget store processorer til ACAD-stationer. 2. Programmerne skal kunne arbejde bedre sammen. Nemmere at dække data fra et program til et andet.

Entreprenører: 1. At det fungerer. 2. System til håndtering af digitale tegninger til udarbejdelse af tilbud.

Fabrikanter/Leverandører: 1. At anvende gennemprøvet teknologi fra stabile leverandører. 2. Hurtigere hardware. 3. Udbygning af det nuværende system med produktionsplanlægning.

Ingeniørfirmaer: 1. Større og hurtigere maskiner. Kreative brugere producerer utrolige datamængder. 2. Opdatering af hardware pga. hastighed/ventetid. 3. Åbenhed overfor kommunikation. 4. Endnu større fleksibilitet. 5. Kraftigere PC'ere. Enklere IT-systemer. 6. Hurtig, fleksibelt og driftsikkert. 7. Bør være mere brugervenlige og skal være åbne og nemme at tilrette til firmaets forretningsgange. 8. Brugervenlige systemer således, at brugere ikke skal være soft- eller hardwareeksperter for at udføre daglige og rutinemæssige funktioner. 9. At der på internationalt plan skabes standarder for dataudveksling. Fx. at man via Internet etc. kan hente et produktkartotek fra en producent - måske i udlandet - og at man kan udtrække ønskede data. Fx. en arbejdslinie for en bestemt ventil. 10. Forbedret brugergrænseflader. 11. Alle ansatte har 100 % adgang til relevant udstyr og investeringer. 12. A0 kopieringsmaskine og plotter i samme maskine.

13. Til stadighed kraftigere maskiner og udbygning af netværk. 14. Standarder for udveksling. Integration CAD og kontorautomation. Objektteknologi. Samarbejdsteknologi. 15. Standardisering af hardware og software, så vores kreativitet kan bruges på produktet og ikke på at få hardware og software til at virke sammen. 16. Hurtigere. Mere brugervenligt. Flere kartoteker. 17. Opgraderingerne foregår uproblematisk, samt at nye programmer er bagudkompatible. 18. Digitalt fotoapparat + skanner + farveprinter. 19. De skal være brugervenlige så der ikke kræves flere ugers omskoling af brugerne.

Landinspektører: 1. UNIX og DOS kan køre i fælles net. 2. Fælles hardwareplatform. Genbrug af ældre PC-udstyr. 3. Mere integration mellem systemer. 4. Anvendelse af skannet materiale (anskaffelse af skanner(e)). 5. Billig, brugervenlig. 6. Større brugervenlighed. 7. Lettere indlæring. Billigere programmer. 8. En større generel værktøjskasse til modificering af databaselink til grafik. Kontrol, tjek, programmer til kvalitetssikring, hurtigere maskiner.

Offentlige myndigheder: 1. At licenser er flydende og serverstyret, så f.eks. ACAD kan afvikles på valgfri maskine. 2. Ukomplerede programmer og hurtig hardware.

Spørgsmål 2: Ønsker til nye udvekslingsstandarder ?

Arkitektfirmaer: 1. Fælles standard uanset CAD systemer. 2. Simpel og ensartet standard for alle systemer. 3. Der skal arbejdes meget med data-modeller og navnlig dataindhold, kodning mv., idet der her ligger store barrierer i byggeriet. 4. At alle følger ABB, eller at ABB retter ind efter et mere udbredt system. Blot der er fælles standard. 5. ISDN kommunikation. Alfanumerisk data sammen med CAD. 6. Flere muligheder.

Bygningsejer: 1. Brug af DWG-format istedet for DXF.

Entreprenør: 1. Ja, at man opererer med få klart definerede lag.

Ingeniørfirmaer: 1. a. Et effektivt og hurtigt system der kan udveksle 3D informationer korrekt. b. Objektorientering. c. Bedre udvekslingsformat end DXF 2. En standard. 3. Bedre (problemfri) konvertering mellem forskellige formater, evt. ved fælles format for alle CAD-programmer (DWG-

format). Således, at ingen konvertering er nødvendig. 4. Det bør være problemfrit mellem forskellige programpakker. Der ses nye muligheder i forbindelse med f.eks. OLE2 under Windows 95. Et udvekslingsformat der kan læses af alle programmer, så der undgås tab af datastrukturer. 6. Standard for opsøgning af data i produktkartoteker. Altså en standardiseret kommunikationsmodel, der muliggør udtræk af bestemte data på tværs af forskellige producenters produktdata-baser. Fx. en radiators ydeevne, samt andre karakteristika, varmeledningsværdierne for bygningsprodukter mv. 7. Bygningsmodeller. Projektdatabaser. 8. Fuld kompatibilitet mellem AutoCAD og fx. WordPerfect. Eksempelvis polylinier/stregtykkelse giver problemer.

Landinspektører: 1. At flere lærer DSFL og ophører med DXF. 2. Kun én standard. 3. Fælles - SKAL overholdes. 4. Eksisterende skal gøres bedre. Færre standarder. 5. Forhåbentlig ikke flere nye, der er rigeligt i forvejen. 6. Øget anvendelse af DSFL (objektbaseret) fremfor tegningsudveksling (DXF o.a.) på kortsiden. 7. Yderligere udvikling af DSFL formatet. 8. Ny, men DSFL måtte gerne bruges af ark. og ing., da der derved udveksles data istedet for tegninger. 9. Nej, (videreudvikling af DSFL) 10. At de ikke er flertydige.

Offentlig myndighed: 1. Et fælles filformat til alt.

Spørgsmål 3: Fremtidsplaner m.h.t. digital dataudveksling ?

Arkitektfirmaer: 1. Mere udveksling over modem, samt intern udveksling over net. 2. I takt med ønsker, eksternt. 3. En større integration i forhold til byggeriets øvrige parter, bl.a. via nogle eksperimentprojekter. 4. Via. modem, at kunne kommunikere med afdelingen i Slagelse, samt med andre samarbejdspartnere. 5. Integreret projektdatabase. 6. At få ingeniørerne til at betale for produktet. -Der er jo oftest tale om envejs dataudveksling fra ark. til ing. 7. DWG Ark. ISDN-net. 8. Evt. overførsel af tegningsfiler via. modem. Fax via. PC/net.

Kombinerede arkitekt/ingeniørvirksomheder: 1. GIS og opmærksomhed på mængdeudtagning. 2. I så stort omfang som muligt. 3. Tilbydes p.t. til andre org. enheder i teledk. 4. Forventer at udveksle via. modem i 1996

Entreprenør: 1. Udveksling af udbudsmateriale - tegninger m.m.

Fabrikanter/Leverandører: 1. Primært Internet med WAN. 2. Projektering med mulighed for angivelse af drift og vedligeholdelses manual.

Ingeniørfirmaer: 1. Fremtiden er at mængden af udvekslingsdata stiger derfor må der stilles krav til CAD-leverandørerne om at være bedre til at levere udvekslingsprogrammer. 2. Udveksling med entreprenør. 3. Internet 4. CD-rom. 5. I øjeblikket ikke planer om udveksling med modem. 6. Samlet 80-100% 7. Ønsker at kunne udveksle digitalt med alle. 8. At udveksle data med samarbejdspartnerne således, at diskettetransport bliver minimeret. 9. Forventer en udvikling og standardisering i dataudveksling fra producentdatabaser. Fx. profilkartoteker, pumpekartoteker, ventilationskartoteker mv. Dette helst på internationalt niveau. 10. Via. modem. 11. 100 % 12. Dataudveksling via Internet. 13. Er parat til yderligere dataudveksling. 14. Ingen, måske til reprofirma. 15. ISDN-opkobling i konkrete sager til samarbejdspartnere. 16. Der forventes et øget behov 17. Dataudveksling via Internet. 18. Opkobling via. f.eks. ISDN til Ark., Ing., producent og entreprenør. 19. Udveksling med entreprenør og arkitekt.

Landinspektører: 1. Udveksling via. modem. 2. Modem + datastreamer. 3. Hele tiden på forkant med alle nye udvekslingsformater. 4. Så lidt som mulig. 5. Vil hurtigt blive et krav. 6. Ønsker om forbedring/mere entydig dataformat. 7. Ja opkobling på offentlige registre, tinglysning, BBR, kort og matrikelstyrelsen. 8. Ønske om brug af EDI/EDIFACT. 9. Ejendomsdata og topografiske data udveksles med myndigheder o.a. 10. Øget digital dataudveksling. 11. Bedre kendskab til modpartens systemformat. 12. Direkte adgang til fx. matrikelkort. 13. Via telefonnet 14. At DSFL-formatet bliver mere udbredt.

Offentlige myndigheder: 1. Håber på bedre DSFL oversættere. Ikke standarder men EDB-implementeringen. 2. Rådgivere skal levere udbuds,- tegningsmateriale mv. 3. Levering af projektplaner fra fremmede arkitekter på digital form.

Spørgsmål 4: Kommentarer til udviklingsprojekter og uddannelsessituationen i f.b.m. IT-udviklingen ?

Arkitektfirmaer: 1. Der arbejdes for lidt med de praktiske problemer vedr. implementering og drift af IT-systemer i forhold til generalisering og teoretisering, som naturligvis er en forudsætning. 2. Det er nødvendigt men

svært, for vi er alle på meget forskellige niveauer i vor udvikling. 3. Ingen p.t. på grund af manglende viden om disse. 4. Uddannelsessituationen domineres af AutoCAD-kurser, færre Microstation-uddannelsessteder. 5. Vi mangler viden om bedre anvendelse af CAD i udførelse- og produktionsfasen. Herudover juridisk sikkerhed for at materiale ikke kopieres.

Kombinerede arkitekt/ingeniørfirmaer: 1. Uddannelse ikke helt tilfredsstillende, da det ofte er på EDB-leverandørens præmisser istedet for brugerens.

Ingeniørfirmaer: 1. Niveauet er hævet, men der er lang vej igen. 2. For lille aktivitet. I for høj grad på bagkant. 3. Der bør i EU være et samarbejde om dataudveksling. Man bør have en standard til dataudveksling uden, at der i øvrigt stilles krav om en bestemt struktur i forskellige registre. Der skal blot være et "link" til en kommunikationsmodel. Altså noget med at sende "søge"-etiketter og besvare disse, hvis det er muligt. Så kan den enkeltes filstruktur i øvrigt vælges individuelt. 4. Der savnes en målrettet koordinering for brugen af IT inden for byggesektoren. 5. Fokus på datamodeller/-struktur. Uddannelse alt for fokuseret på ACAD & egenudviklede ting. 6. Ingen, udover at alle bør lære at tegne på CAD. 7. Meget er lagt ud til den enkelte virksomhed, og til den meget store afhængighed mod software leverandøren.

Landinspektører: 1. Ønske om uddannelse og rapporter om udvekslingsformater, som p.t. er vores største problem. 2. Større behov for standardisering.

Offentlige myndigheder: 1. Bedre uddannelse indenfor området 2. Bedre maskiner og mere tid ved dem.

Der blev også stillet et spørgsmål gående på den ny "byggekultur" som indførelse af IT har medført. Besvarelser herpå er gengivet nedenfor.

Spørgsmål 5: På hvilke måder har IT medført ændringer på projekterings-/byggeprocessen (Ny byggekultur) ?

Antallet af virksomheder der besvarede dette spørgsmål var ca. 70. Her gengives kun ca. halvdelen af besvarelserne, nemlig de mest karakteristiske.

Arkitektfirmaer: 1. Hurtigere projektering- og optegningsforløb, samt medfølgende bedre tid til skitsering. 2. Ingen væsentlige ændringer. Der bruges mere tid til input af data. Der er ikke altid tilstrækkeligt med tid til at gøre processen færdig. 3. På den ene side er det blevet lettere at spejle, kopiere og genanvende. Men på den anden side kan man nu projektere individuelle skæve objekter, og stadig have fuld kontrol over mål og mængder. 4. En rationalisering af arbejdsgange med direkte ændringer i arbejdsprocessen, som følge af EDB-brugen. 5. a. Forringet arbejdsmiljø. b. Uhensigtsmæssig tendens til specialistudvikling. c. Projekteringen er mindre "synlig". d. Flere rettelser. e. For tidlig fremstilling af "hovedprojekt-tegn." i skitseringsfasen. 6. På sigt en standardisering af tegnestuens egne detaljer. Lettere skitsering - Mere præcis skitsering. Hurtigere visualisering af skitsemodeller. Hurtigere/lettere projektændringer. 7. Bedre styring af underrådgivere. Større initialressourcer påkrævet. 8. Dimensioner og målsætning bliver afklaret på et tidligere stadie. Medfører færre rettelser i projektet. Tegningerne har højere kvalitet. Både visualisering og målsætninger er bedre. 9. Vedr. projekteringsprocessen: Statistiske beregninger af bærende konstruktioner udføres på EDB, samt VVS- og elinstallationer. Vedr. byggeprocessen: Mødereferater standardiseres. 10. Projekteringsprocessen er forringet, ved at den nu spredes på flere personer - med tab af ansvarsfølelse og koordinering til følge. Der er mange flere projekteringsfejl der skal rettes i byggeprocessen. Byggeprocessen er forringet, ved at der er alt for mange oplysninger til rådighed - og beslutning om hvad der er vigtigst må tages på lavt niveau ude på byggepladsen.

Kombinerede arkitekt/ingeniørfirmaer: 1. Mere tegnearbejde udføres af tekniske tegnere alene. Kun kontrol. 2. Hurtigere/bedre tegningsproduktion og vedligeholdelse/revision.

Bygningsejer: 1. Det er nemmere at ændre senere i projekteringsfasen. Tegningsarbejdet bliver ensartet og hurtigt.

Entreprenører: 1. Bedre og klarere tegningsinformation. Større mængde er blevet muliggjort. Større præcision i mængdebestemmelser. 2. Gjort det lettere, at udregne tilbud. Projektering er stort set uændret, men ændringer udføres hurtigere.

Fabrikant/leverandør: 1. Bedre og hurtigere projektering/revidering, samt mulighed for nøjagtige mål fra tegninger til anvendelse i produktionen.

Ingeniørfirmaer: 1. Ved projekteringsprocessen: Kortere tid for udfærdigelse af beskrivelser mv. Bedre beslutningsgrundlag og dokumentation for konstruktions- og installationsprojekter. Behov for tidligere detailmål-sætninger fra samarbejdspartnere (arkitekter) i projektforsløbet. Når samarbejdspartnere ikke anvender IT (CAD) medfører dette unødige tegningsændringer. 2. Store dele af projekteringsprocessen foregår elektronisk. 3. Tegningskvaliteten er øget, både indhold og udseende. Projekteringsprocessen er ændret, fordi det er nemt at rette og koordinere. 4. Projekteringsfasen: Ændret procedure for revision af tegninger, samt arkivering. 5. Værktøjet giver mulighed for mere avancerede bygnings- og konstruktionsudformninger - hvilket også er meget tidskrævende. Brug af parametriske design gør projektering og tegningsproduktion meget effektiv ved ensartede projekteringsopgaver. Brug af byggevarekataloger gør detaljering lettere og mere rigtig - men kan volde problemer ved valg af leverandør. 6. Ingen større ændringer i processen, da IT-værktøjer kun har automatiseret enkeltstående processer (tegning, beregning, skrivning mv.). 7. Tegninger og breve er blevet mere ens. Bedre overblik i projekteringsprocessen. Lettere at ændre tegninger i byggeprocessen. 8. Stregerne tegnes ofte kun én gang. Samtidig får sammensætningen af streger til blokke, der igen kan indeholde yderligere informationer, tegningen til at indeholde langt flere informationer end tidligere. 9. Det fører meget vidt omkring: Hurtigere kommunikation. Mindre arbejdsdeling i projektering. Fyldig projektmateriale. Forbedret datakonsistens. 10. Fleksibiliteten er øget i projekteringen. Der kan nu ændres eks. på ark.tegn. i meget større omfang end tidligere, uden at det får den store betydning for projekteringen i de enkelte fagområder. Det er blevet mere overskueligt at styre grundkalkuler i et projekt, idet disse lægges i sagsdirektoratet på serveren, og herfra anvendes som grundlag for de enkelte fagområders projektering. Papirmængden er delvis reduceret, mens kontrollen er øget. Det er nu muligt, at udtegne i et givet målstok af tegninger. 11. Større tidsforbrug til dannelse af projektgrundlag. Nemmere standardisering af layout. Hurtigt at lave rettelser/justeringer. 12. Genbrug af løsninger. Højere tegningskvalitet. 13. Kortere projekterings-tid. Mulighed for senere ændringer. Større genbrug. 14. Bedre kontrolmulighed af mål. 15. Projekter bliver detailprojekteret fra starten.

Landinspektører: 1. Skemaer, kort og øvrige dokumenter opbevares på EDB og kan lettere suppleres og anvendes til andre opgaver og videnbearbejdning. 2. Projektering tager længere tid. Ændringer er nemmere at lave. 3. Alle parter i byggeprocessen skal arbejde ud fra den digitale tan-

ke, ikke noget med at "prøve" at slippe. ½ digitalt = slet ikke digitalt. 4. Skal levere kortgrundlag digitalt.

Offentlige myndigheder: *1. Færre trin i udviklingsprocessen. 2. Hurtigere adgang til oplysninger/tegninger.*

Der blev endvidere stillet et spørgsmål der vedrørte eventuelle firmaorganisatoriske ændringer forårsaget af IT-indførelse i virksomheden. Dette kan også betragtes som en del af den "ny byggekultur" som forårsages af IT-indførelse.

Spørgsmål 6: *Firmaorganisatoriske ændringer pga. IT-indførelse ?*

Arkitektfirmaer: *1. ja, ansat systemansvarlig 2. ja, mere kursusaktivitet. Mere arbejde til indehaver. 3. ja, ændret ressourcefordeling (penge) 4. ja, der projekteres direkte - uden tekniske assistenter 5. ja, der er ikke blevet ansat tekniske assistenter. 6. ja, ansvar, uddannelse*

Kombinerede arkitekt/ingeniørfirmaer: *1. ja, edb-styregruppe er oprettet.*

Bygningsejer: *1. ja, Alle har fået mere specifikke opgaver 2. ja, oprettelse af CAD-gruppe.*

Entreprenør: *1. ja, har ansat en ingeniør.*

Ingeniørfirmaer: *1. ja, indført en edb-afdeling 2. ja, oprettelse af IT-gruppe og superbrugerkoncept 3. ja, reduktion af personale 4. ja, ingeniører projekterer og tegner selv 5. ja, uddannelse af personale 6. ja, egen supportorganisation/superbrugere 7. ja, sekretærerne er afskaffet 8. ja, alle 9. ja, udnævnelse af IT-ansvarlig og serviceperson.*

Landinspektører: *1. ja, færre tekniske assistenter 2. ja 3. ja, specialisering 4. ja, den "manuelle" tegnestue er forsvundet.*

Offentlig myndighed: *1. ja, al IT er samlet.*

Hovedtendens: Systemansvarlig og styregrupper er ansat/etableret og antal af tekniske assistenter/sekretærer reduceres.

Endelig er der vist besvarelser vedrørende eventuelle særlige procedurer som virksomhederne tillægger sig som følge af IT-indførelse.

Spørgsmål 7: *Anvender virksomheden særlige procedurer ved digital data-/informationsudveksling for sikring af konsistens, datasikkerhed, modtagerkontrol etc. ?*

Arkitektfirma: 1. nej

Kombineret arkitekt/ingeniørfirma: 1. nej

Ingeniørfirmaer: 1. ja, a. Digitale data, der udveksles, skal bilægges plot/print. b. Modtagerkontrol (stikprøve) af det modtagne. c. Viruscheck af udveksling. d. Identifikationsdata af udvekslede data (fillister etc.) 2. nej 3. ja, viruscheck. Ved udveksling mellem CAD-systemer sammenlignes papirtryk.

Landinspektør: 1. ja, der medsendes altid kontrolkort, og i forbindelse med DXF foretages visuel kontrol på skærm ved indlæsning i AutoCAD. Oversigt over filens indhold udskrives altid. Sorteret på objektkoder mv.. Kopi af DXF- og DSFL-filer gemmes i ca. 5 år til dokumentation.

Offentlig myndighed: 1. ja, kortdata er standardiserede (KTC) i DK og udveksles med DSFL. Ved øvrig grafisk information f.eks. ledninger bruges DAS til kloak, derudover ingen standarder.

I dette afsnit blev der givet bud på hvilken vej man kan gå når det gælder om at opnå større og mere effektiv IT-støtte i forbindelse med dataudveksling og -integration i byggesektoren. Der blev også set på byggesektorens egne ønsker til informationssystemerne.

Næste kapitel præsenterer et forslag til et nyt IT-koncept som er udviklet på baggrund heraf, og som kan støtte virksomheder der har behov for dataudveksling og ønske om større dataintegration på tværs af fagområder og firmaer og på langs i projekterings- og byggeprocessen.

Kapitel 8. Et systemforslag

8.1 Indledning

I de sidste fem år har udbredelsen af computersystemer og applikationer til kommunikationsformål været hastigt stigende. Således er der nu en udbredt brug af lokalnet blandt virksomheder i byggeindustrien. Brugen af Internettet vokser hurtigt, og generelt er mængden af en eller anden form for ekstern udveksling af informationer stigende mellem virksomheder i byggeindustrien. Det viste IT-undersøgelsen.

Resultaterne fra IT-undersøgelsen i den danske byggesektor udviste kun en beskeden grad af dataintegration gennem byggeprocessen i den danske byggesektor [Sørensen, 1996]. Dette, kombineret med den stigende anvendelse af Internettet/World Wide Web hos byggeriets parter motiverede opstarten af et planlægningsarbejde for et Web-baseret projekterings-, udvekslings- og dataintegrationssystem. Følgende betragtninger har været inde i billedet under planlægningen:

Et af de hidtidige tekniske problemer med at opnå større dataintegration har været nødvendigheden af at anvende udvekslingsformater mellem de forskellige IT-systemer. I fremtiden, vurderes dette problem i praksis som værende minimalt. Med de nye objektorienterede systemer som samtidig er åbne for adskillige dataformater og datastrukturer (entiteter, objekter, hele databaser etc.) vil problemer i forbindelse med en bygningsmodellering snarere blive domineret af *valget af information* og *tilgængeligheden af information*. Kommunikation mellem parterne involveret i et byggeteam kommer i fokus.

Det foreslås her, at valget og tilgængeligheden af information kan lettes, hvis man benytter en inddeling af informationen i nedenstående grupper:

1. Byggevarespecifik information
2. Fagspecifik information
3. Projektspecifik information

En sammenligning kan i nogen grad drages til produktmodellens opdeling i "informations-niveauerne": datamodel, domænemodel og projektmodel (se afsnit 4.2), dog er det der produktets modellering der fokuseres på, og

ikke adgang til og kommunikation af informationerne som der foreslås her. Som beskrevet gennem kapitel 5 har det vist sig vanskeligt at udvikle denne stramme og logiske produktmodelstruktur med de logiske indbyrdes regler og betingelser imellem alle fagområder (domæner). Derfor foreslås, at man fokuserer på de nævnte informationsgrupper hvor *kommunikationen* af informationen er det centrale, i stedet for den beskrevne produktmodellerings krav til indre logisk sammenhæng af data.

Et informationssystem til brug for projektering og efterfølgende bygningsdrift, vedligeholdelse, facilities management kan opbygges baseret på denne informationsstruktur og med en udnyttelse af Internettets muligheder. Forestiller man sig således, at man gennem systemet har adgang til Web-tilgængelige databaser, og disse databaser er opdelt i den samme informationsstruktur, altså byggevare-, fag- og projektspecifikke informationer kan der drages fuld nytte af allerede producerede informationer. Systemet, koblet til nye Web-browsere som giver adgang til databaserne og er åbne for informationsstrukturen, åbner muligheden for høj grad af dataintegration.

Under planlægningsarbejdet er der gjort forsøg på at gøre brug af hidtidige forskningsresultater og initiativer samt at drage nytte af resultaterne fra IT-undersøgelsen. Der er gjort forsøg på at lukke et hul mellem forskningstiltag og byggesektorens praktiske brug af computere. Endvidere er der ved planlægningen af informationssystemet tilstræbt at benytte den tilgængelige computerteknologi, f.eks. Web-teknologi og Internettet, og samtidig efterleve den måde byggeindustrien aktuelt anvender computere. *Tilgængelighed* af information er kommet i fokus, sammen med *kommunikation* mellem projektparterne. Den tidlige planlægning af systemet kan ses i Sørensen [1996d], og videre i Sørensen [1997].

8.2 Baggrund for systemet

8.2.1 Motivation

Det er almindeligt kendt, at den information som ligger tilgængelig via Internettet ofte mangler struktur. Der er et behov for at der strammes op på strukturen af Web-tilgængelige informationer, før anvendelse af Internettet for alvor bliver en fordel for sektoren. En af de største udfordringer for videreudviklingen af World Wide Web på Internettet synes at være muligheden for at finde den rigtige information, i det rette format, på det tidspunkt

hvor det behøves. Det er undersøgt, om WWW/Internettet kan videreudvikles til et mere aktivt medium som kan understøtte forbindelsen, og øge kommunikationen, mellem virksomheder. Endelig er undersøgt muligheden for at benytte Web-teknologi, herunder Web-browsere, som fælles platform når ny projekthinformation skal udarbejdes.

8.3 Samarbejde og kommunikation i en projekteringsproces

Dette afsnit behandler nogle vigtige definitioner som skal fastlægges inden den yderligere præsentation fortsættes. Definitioner som er nødvendige for at opnå et informationssystem som opfylder de behov som byggeindustrien reelt har i øjeblikket. For eksempel, hvad omfatter et projekteringssamarbejde? Det er et vigtigt spørgsmål som skal besvares før udviklingen af et informationssystem der støtter sådan en proces kan fortsætte.

Hvad er et computerunderstøttet projekteringssamarbejde ?

For at besvare dette spørgsmål, hvorfor ikke først forsøge at finde en definition på termen "projekteringssamarbejde"?

I Maher *et al.*, [1996] er termen "projekteringssamarbejde" brugt i den mest almindelige betydning, som betegnelse for projekteringsaktiviteter hvor "mere end én person arbejder på samme projektopgave." Den samme betydning af termen benyttes her.

Projekteringsprocesser, i det virkelige liv, kræver fælles indsatser af enkeltindivider og synkronisering af informationsstrømme imellem dem [Maher *et al.*, 1996]. Enkeltindivider, der bruger et netværksbaseret computersystem i et projekteringssamarbejde, evaluerer projektopgaven der optræder i et computerunderstøttet *fælles elektronisk arbejdsområde*. Endvidere er der ifølge Maher *et al.*, [1996] lavet en sondring mellem to typer af samarbejde: *samarbejde om enkeltopgaver* og *samarbejde om flerdobbelte opgaver*:

- I *samarbejde om enkeltopgaver* er det resulterende projekt et produkt af et kontinuerligt forsøg på at konstruere og opretholde en *fælles idé* om projekteringsopgaven. Med andre ord, hver af deltagerne har sit eget syn på hele projektopgaven og den fælles idé er udviklet ved "superposition" af alle deltageres bidrag. Et samarbejde om enkeltopgaver kan

sammenlignes med et samarbejde omkring et produktmodelsystem som er baseret på en total modelstruktur.

- I *samarbejde om flerdobbelte opgaver* er projektopgaven delt mellem deltagerne på en måde, hvor hver person er ansvarlig for en særlig del af projektet. Således kræver samarbejde om flerdobbelte opgaver ikke nødvendigvis dannelsen af én fælles projektidé, skønt de projekterende arbejder sammen i et fælles elektronisk arbejdsområde. Et samarbejde om flerdobbelte opgaver kan sammenlignes med et samarbejde omkring et produktmodelsystem som er baseret på en metode med en fælles, central kerne suppleret med mindre fagspecifikke distribuerede delmodeller.

Enkeltopgaver og flerdobbelte projektopgaver i et projekteringssamarbejde er to ekstremtilfælde. Generelt afhænger den virkelige situation af projekteringsopgavens kompleksitet. I et simpelt projekt er det mest oplagt at anvende enkeltopgave-samarbejdet. I komplekse projekter er der tidspunkter hvor det flerdobbelte opgavesamarbejde er anvendeligt og tidspunkter hvor det er en kombination af begge typer.

I en computerunderstøttet og netværksbaseret projekteringssamarbejdsproces kan to kommunikationsmåder af projektinformation identificeres: synkron og asynkron [Maher *et al.*, 1996].

- En *synkron måde* forudsætter en samtidig tilstedeværelse og deltagelse af alle de projektdeltagere der er impliceret i samarbejdet. Når de projekterende kommunikerer på den synkrone måde, skal senderen (senderne) og modtageren (modtagerne) af budskabet være forbundet, samtidigt, med de samme værktøjer. Den interaktive projekteringsaktivitet forekommer i forhold til en fælles repræsentation af det projekterede, som ideelt inkorporerer den projekterendes mål, beskrivelser, ræsonnementer i projekteringstrin, delvise løsninger af opgaven, kommunikationer og informationsudveksling. Eksempler på synkrone kommunikationsværktøjer er "sludre-kanaler" ("chat-channels"), videomøde-software og fælles værktøjer ("shareware"). Fordelene ved synkron kommunikation ligger i de to parter direkte interaktion, dvs. de kan samarbejde i "real time" om et givet emne. I øjeblikket er denne kommunikationsmåde begrænset af behovet for store båndbredder i netværkerne og en fælles platform ved hver af knudepunkterne i et distribueret elektronisk arbejdsområde.

- En *asynkron måde* giver deltageren frihed til at arbejde på forskellige tidspunkter. Endvidere kan arbejdes på forskellige dele af projektet og der behøves ikke den samtidige tilstedeværelse af alle team-medlemmerne. Følgelig behøver deltagerne ikke at være samtidigt eller vedvarende forbundet til netværket. Asynkron kommunikation er ikke afhængig af modtagerens online-tilstedeværelse. I stedet præsenterer den en tidsforsinket karakteristik som tillader en tilgængelighed af de informationer der er efterladt på den ressource der ikke er bundet af tiden. Netværksbaserede arbejdsstationer og personlige computere har mange forskellige funktioner og værktøjer som støtter arbejdet på et almindeligt elektronisk arbejdsområde og som tillader designere at dele og udveksle informationer asynkront. Eksempler på asynkrone kommunikationsværktøjer er E-mail (inklusive multimedie-mailere), FTP, DBMS etc. Denne samarbejds måde stiller mindre krav til deltagerkommunikation og betjeningsdygtighed. Derfor er det en passende måde at udføre fælles projekteringsaktiviteter på blandt fagspecifikke projekterende der er adskilt af store afstande. Endvidere stiller denne måde ikke kritiske båndbredde-betingelser.

8.4 Forslag til koncept for byggesektorens anvendelse af informationssystemer

Gennem nærværende afhandling er foretaget en ret omfattende gennemgang af status for dataudveksling og -integration i den danske byggesektor gennem undersøgelser. Endvidere er den eksisterende projekteringsproces beskrevet og registreret nærmere gennem en udviklet metode og et afviklet forsøg. Der er introduceret centrale computersystemer og beskrevet udviklingsforløb (og trends) i henholdsvis den internationale forskning og danske tiltag på området. Det er vurderet om forskningen svarer til behov i praksis, og givet bud på hvilken vej man kan gå for at opnå bedre gennemslag. Der haves nu et godt grundlag at bygge videre på, når systembehov for byggesektorens fremtidige informationssystemer til støtte af dataudveksling og -integration skal fastlægges !

8.4.1 Systemegenskaber

Gennem afhandlingen er der afdækket en række behov og ønsker som byggesektoren har i forbindelse med informationssystemer til støtte af opgaver

i forbindelse med dataudveksling og -integration. Disse behov kan “transformeres” til systemegenskaber for et nyt informationssystem.

Kapitlerne 5,6 og 7 indikerer behov for

1. Et system som er baseret på en netværksbaseret *kommunikationsmodel*
2. Et system som gør projekt- og byggevareinformation mere *tilgængelig*
3. Et system der er åbent for flest mulige udvekslingsformater og data strukturer

Kapitlerne 2 og 7 indikerer behov for

4. Systemer der er simple at benytte og intuitive i sin opbygning

Kapitlerne 2 og 6 indikerer behov for

5. Støtte til såvel den vertikale som horisontale integration af data i byggeprocessen, dvs. mellem faser og mellem parter.
6. Støtte dataudveksling og datadeling ved alle former for digitalt materiale

Kapitlerne 3 og 8 indikerer behov for

7. Bruger- og opgavealsidighed

Kapitel 8 indikerer behov for

8. Støtte af såvel en synkron som en asynkron samarbejdsproces

Kapitlerne 2, 3 og 6 indikerer behov for

9. Understøtte byggeprocessens forskellige faser og deraf krav til “hierarkisk” detaljeringsbehov
10. Understøtte en byggesags forskellige fagområder og parter

Kapitel 5 indikerer behov for

11. Fleksibilitet, og systemet bør (dermed) ikke hvile på en produktmodelstruktur. Faciliteter fra området kunstig intelligens kan med fordel indarbejdes. Eksempelvis CBR-faciliteter

Kapitel 2 indikerer behov for

12. Et simpelt og billigt system der er let at implementere i virksomheden og i projektorganisationen

Kapitlerne 5 og 6 indikerer behov for

13. Et system der bygger på eksisterende, kendt og udbredt teknologi
14. Et system der formaliserer kommunikation og genanvendelse af data (EDI) samt formaliserer deling af information

Endvidere bør et nyt fælles informationssystem til den danske byggesektor, naturligvis åbne for de allerede godt udbredte resultater fra de danske initiativer, som blev beskrevet i kapitel 6 og vurderet for deres praktiske gennemslag i kapitel 7. Der tænkes her specielt på følgende:

- Abb's lagopdeling
- Virksomhedens CAD-manual
- CAD-projektaftalen
- CIS-CAD strukturen
- Fælles CAD-struktur (herunder referencefilteknik etc.)
- Objektbegrebet, dog i en lidt anderledes betydning end i TR/CIS-CAD
- Struktur til databiblioteker
- IFC-objekter/-filer

8.4.2 Et nyt informationssystem

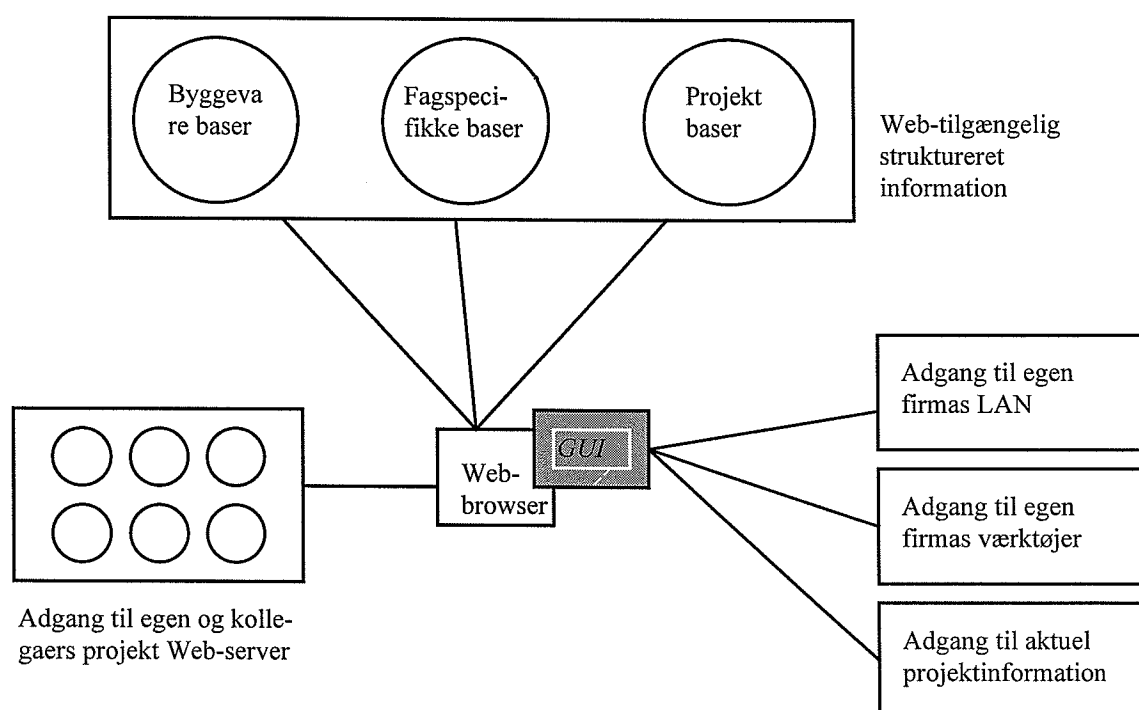
Arbejdet har udmøntet sig i et konkret forslag til et nyt Web/Internet-baseret informationssystem for byggesektorens parter. Systemet udgør en fælles platform for et byggeteam når der skal udveksles, integreres eller skabes information. Yderligere virker systemet som et dokumenthåndterings-system gennem byggeprocessens forskellige faser. Det er adgangen til og kommunikation af information som er i fokus. Dette sikres gennem anvendelse af Internettet som et fælles netværk og ved, at informationer er strukturerede svarende til deres anvendelsesformål.

Med systemet kan en gruppe af samarbejdspartnere (eksempelvis en arkitekt, en rådgivende ingeniør, en landinspektør, en entreprenør og en bygherre) som samarbejder om en konkret opgave (opførelse af et bygværk) støttes ved udveksling af dokumenter. Det vil sige, de involverede parter kan sidde i hver deres virksomhed, og via dette integrerede projekterings-system kan de både udvikle projektinformation og udveksle informationen (tegninger, beskrivelser, beregninger, breve etc.) med hinanden på en let

og gnidningsfri måde. Systemet hjælper endvidere brugerne med at holde styr på dokumenterne og giver kun adgang til brugere som har ret til at benytte systemet.

8.4.3 Systemarkitektur

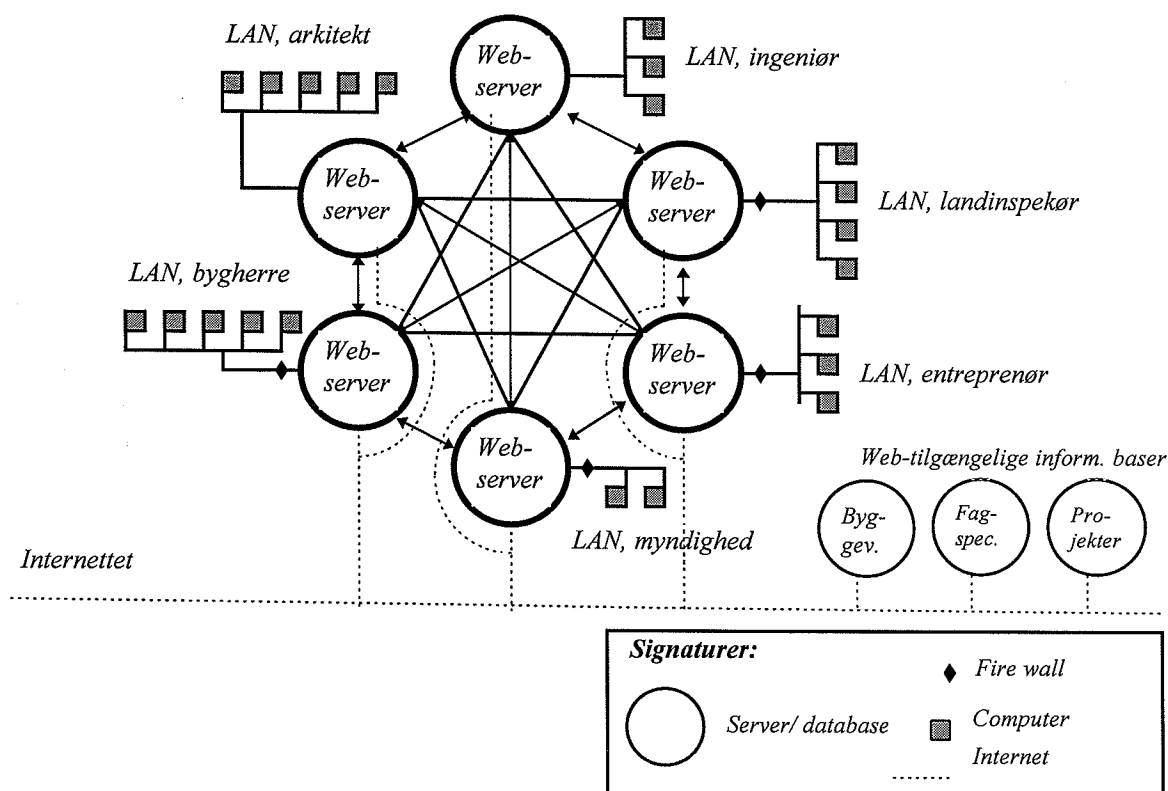
Systemet bygger på en systemarkitektur som illustreret i figur 8.1.



Figur 8.1. Informationssystemets overordnede arkitektur.

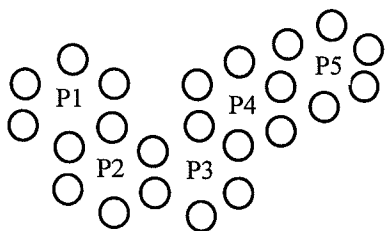
Systemet består af et grafisk brugerinterface (GUI, på figuren) som den centrale del. Fra dette GUI gives adgang til projektinformation placeret på egen virksomheds LAN (lokalnetværk) og til eksternt placerede projekt Web-servere. Desuden gives adgang til de i afsnit 8.1 foreslåede tre grupper Web-tilgængelige informationsbaser. Endelig gives adgang til projekt-værktøjer placeret på firmaets eget LAN. Systemet er en hybrid mellem metode 1 og 2, nævnt i afsnit 4.4, til planlægning af integrerede systemer.

Konceptet for de forskellige tilgængelige projekt Web-servere, dvs. de projektservere som udgør den samlede projektinformation er vist i figur 8.2.



Figur 8.2. Princippet med distribuerede projektdata-baser placeret på projekt Web-servere korresponderende til hvert firmas ansvarsområde. Det nye informationssystem placeres på hvert firmas LAN-computere (eller på arbejdsstationer). Sammen udgør de fed-mærkede Web-servere den projektinformation der korresponderer til et aktuelt projekt. De viste "fire walls" sikrer firmaernes lokalnetværker (LAN) mod uautoriserede brugere.

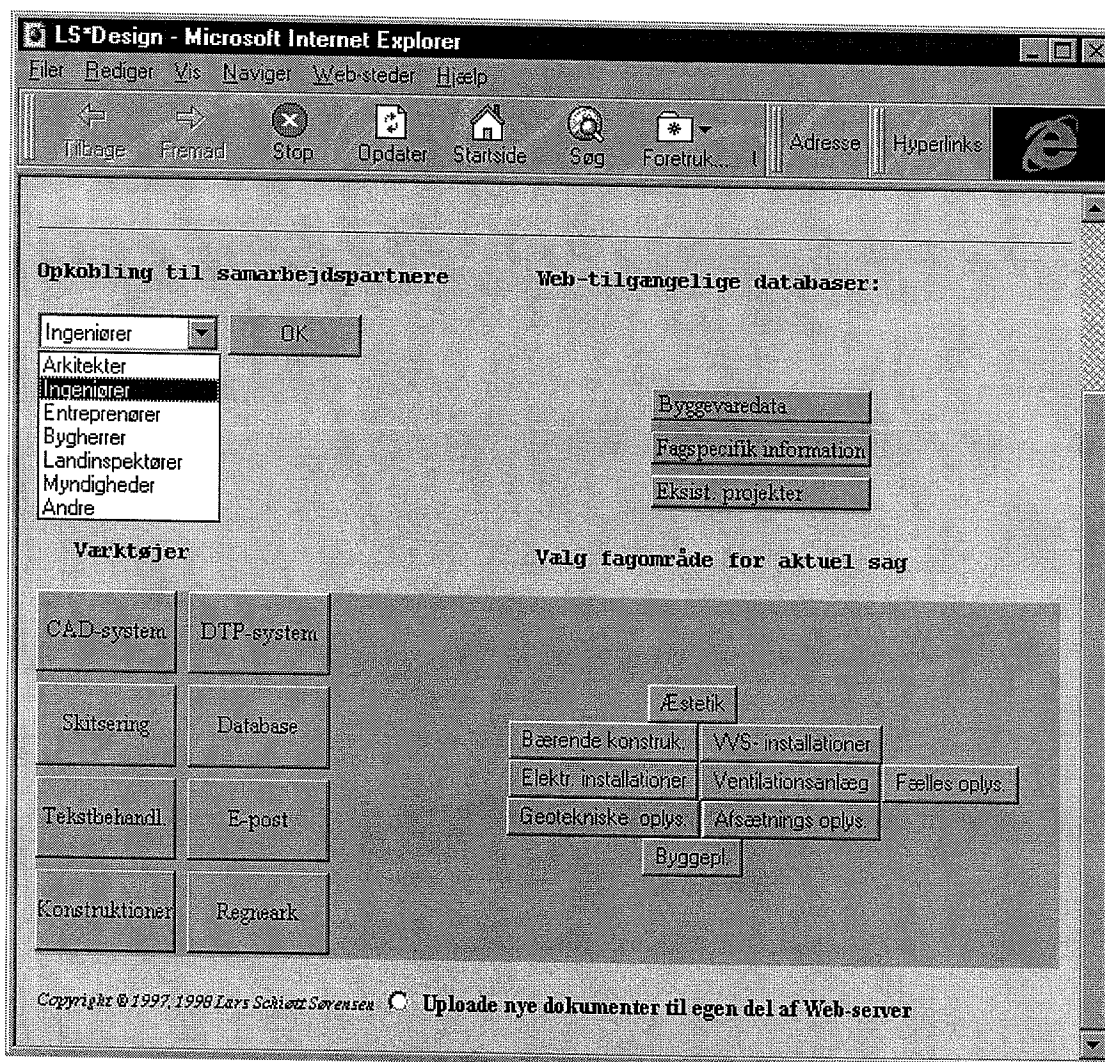
Man kan illustrere metodens fleksibilitet når nye byggeteam skal sammensættes. Det kan således tænkes, at en eller flere parter skiftes ud fra et byggeprojekt til det næste. De nye parter kan blot koble deres egen projekt Web-server til den eksisterende projekt Web-server-struktur, og adgang gives kun til de firmaer der deltager i de respektive projekter. Se figur 8.3.



Figur 8.3 En fleksibel struktur af projektorganisationer kan dannes.

8.4.4 Demonstration af systemet

Et par eksempler på det udviklede informationssystem gives i det følgende. Systemets brugerinterface er vist på figur 8.4.



Figur 8.4 Systemets interface gennem hvilket der gives adgang til samarbejdspartneres projekthinformation, samt til værktøjer (applikationer), databaser og til de forskellige fagområder som projektet er opdelt i.

På det viste interface ses i alt fem "systemindgange":

1. Opkobling til samarbejdspartnere
2. Vælg fagområde for aktuel sag
3. Web-tilgængelige databaser
4. Værktøjer
5. Upload nye dokumenter til egen del af projekt Web-server

Eksempler på brug af disse systemindgange gives i det følgende.

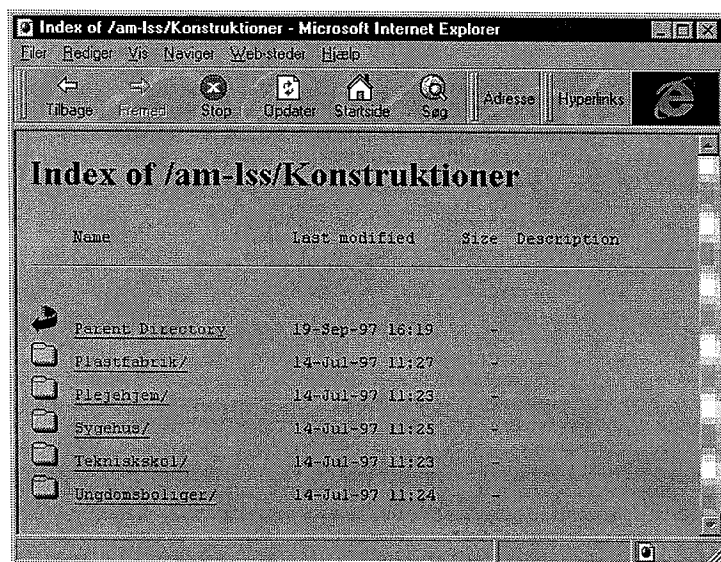
Ad 1. Opkobling til samarbejdspartnere

Fra *Opkobling til samarbejdspartnere* gives adgang til samarbejdspartners projekthinformationer. Efter valg af type samarbejdspartner vises et vindue over de parter man har et projektsamarbejde med. Se figur 8.5 for “Arkitekter”.



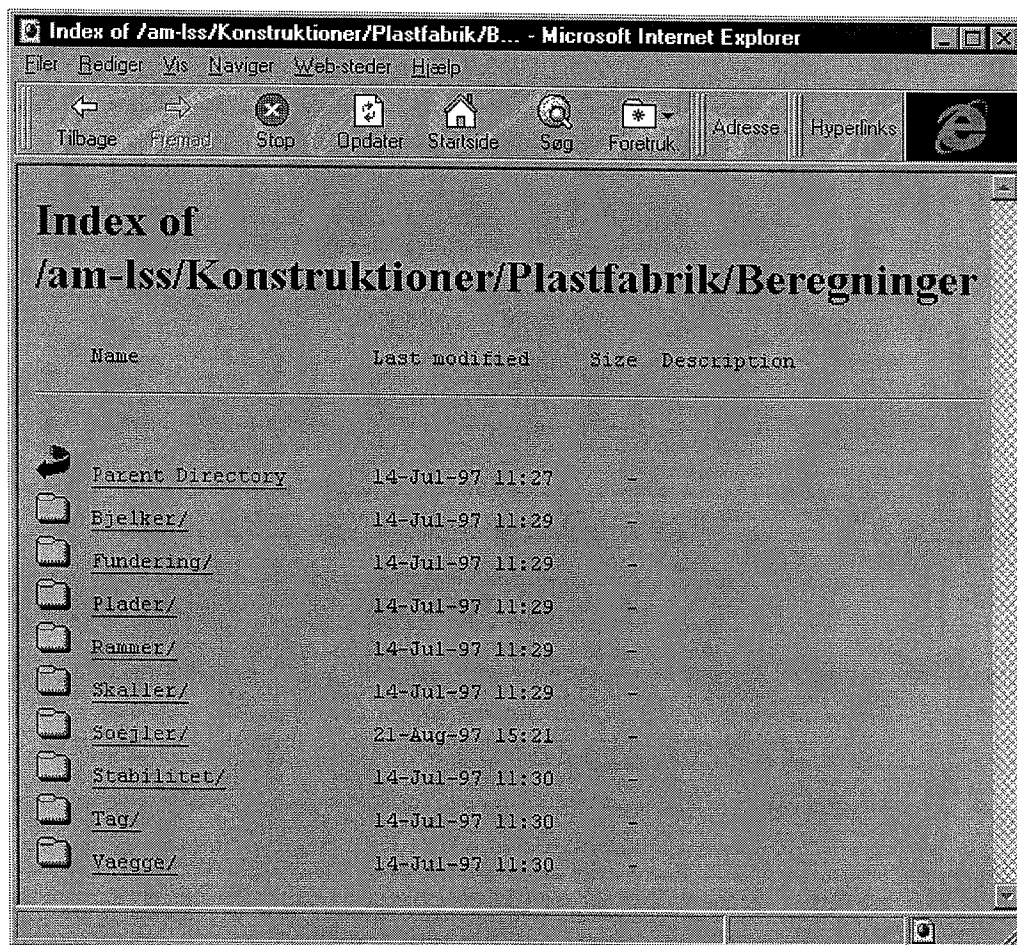
Figur 8.5 Adgang til samarbejdspartnere, her arkitekter. Der kan nu klikkes på den ønskede samarbejdspartners ikon, hvorefter systemet kobler sig op på dennes projekt Web-server.

Efter man har koblet sig til en samarbejdspartner, åbnes dennes projektdatabase (projekt Web-server), og brugeren kan få adgang til det eller de projekter som man samarbejder omkring. Se figur 8.6.



Figur 8.6 Efter opkobling til en samarbejdspartners projekt Web-server, præsenteres brugeren for de projekter som vedkommende har valgt at lade være tilgængelige for sine kolleger. Her er der koblet op til en ingeniør og området er “Konstruktioner”.

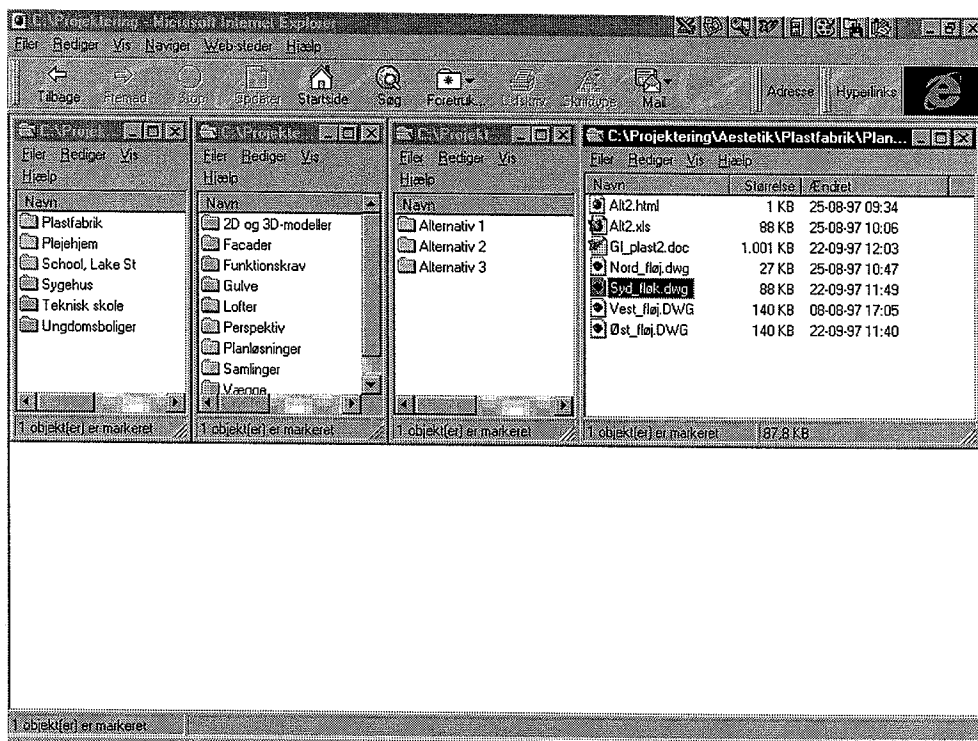
Der kan nu vælges et ønsket projekt og en ny informationsstruktur svarende til domænet “Konstruktioner” præsenteres nu for den valgte sag. Se figur 8.7.



Figur 8.7. Sagen “Plastfabrik” er valgt gennem vinduet i figur 8.6, og en ny informationsstruktur dukker op svarende til domænet “Konstruktioner” som findes under konstruktionsingeniørens ansvarsområde. Et ønsket område kan nu vælges og brugeren præsenteres for en række dokumenter (ikke vist her). Disse dokumenter kan alle åbnes og ses eller downloades og integreres i egne dokumenter efter ønske.

Ad 2. Vælg fagområde for aktuel sag

På brugerinterfacet (figur 8.4) ses en anden “indgang” benævnt *Vælg fagområde for aktuel sag*. Herfra gives brugeren let adgang til de forskellige projektspecifikke informationer som han/hun har gemt for egne projekter. Figur 8.8 viser et eksempel på en informationsstruktur som er gældende for området “Æstetik”.



Figur 8.8. Et eksempel på den informationsstruktur som findes når der vælges et konkret fagområde (her æstetik) fra systemets bruger-interface (figur 8.4). Der kan dobbeltklikkes på et dokument hvorved det åbnes i Web-browseren.

Ad 3. Web-tilgængelige databaser

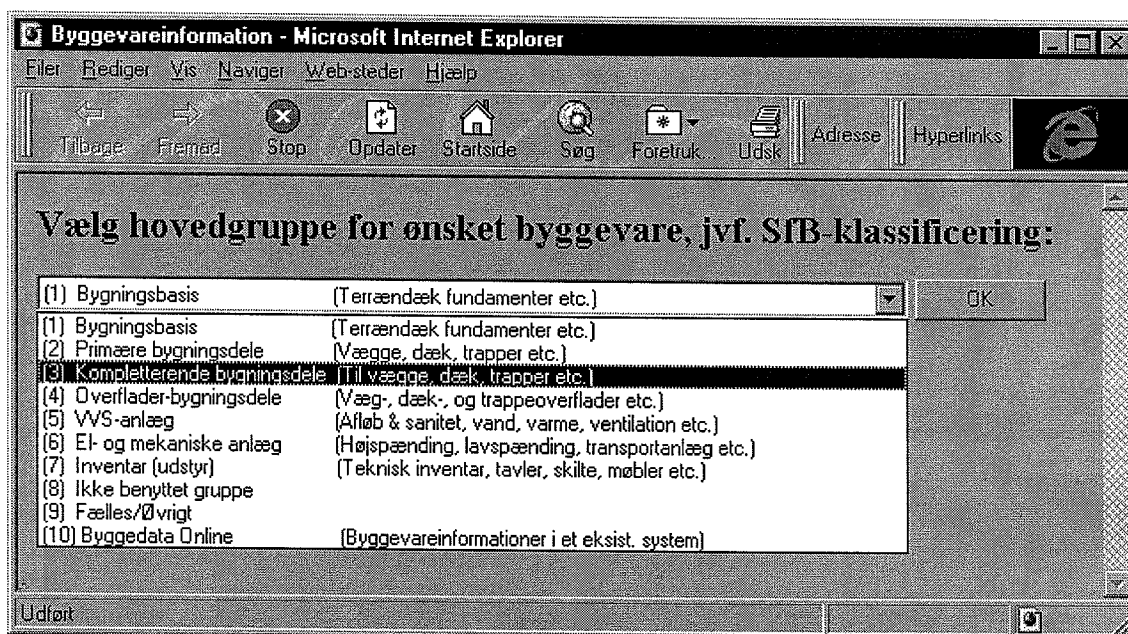
På interfacet vist i figur 8.4 have endvidere et felt benævnt *Web-tilgængelige databaser*. Her gives brugeren mulighed for at finde og hente information på nogle informationsbaser som bl.a. kan være Web/Internet-tilgængelige, men som alternativt kan være placeret i virksomhedens eget regi (på CD, LAN-server el. lign.). Det er valgt at kategorisere disse informationsbaser i tre typer, nemlig 1) Baser med byggevaredata, 2) Fagspecifikke informationsbaser og 3) Baser indeholdende eksisterende projekter. Disse tre typer af informationsbaser kræver lidt nærmere præsentation.

Web-tilgængelige byggevarespecifikke databaser

Et fælles mål bliver fremover, at fastlægge nogle standarder for, hvordan disse eksterne, Web-tilgængelige byggevaredatabaser skal struktureres. Altså, hvilket informationsbehov er der rent faktisk i en byggeproces når dataene skal anvendes af flere forskellige parter gennem projekteringen, udførelsesfasen samt i den efterfølgende drift og vedligeholdelse. Et arbejde vedrørende dataindhold og struktur som ville kunne anvendes her er

som tidligere nævnt allerede i gang gennem IAI-samarbejdet og gennem CIS-CAD strukturen. Yderligere skal ejerforhold, ansvarsforhold for data, vedligeholdelse etc. bestemmes.

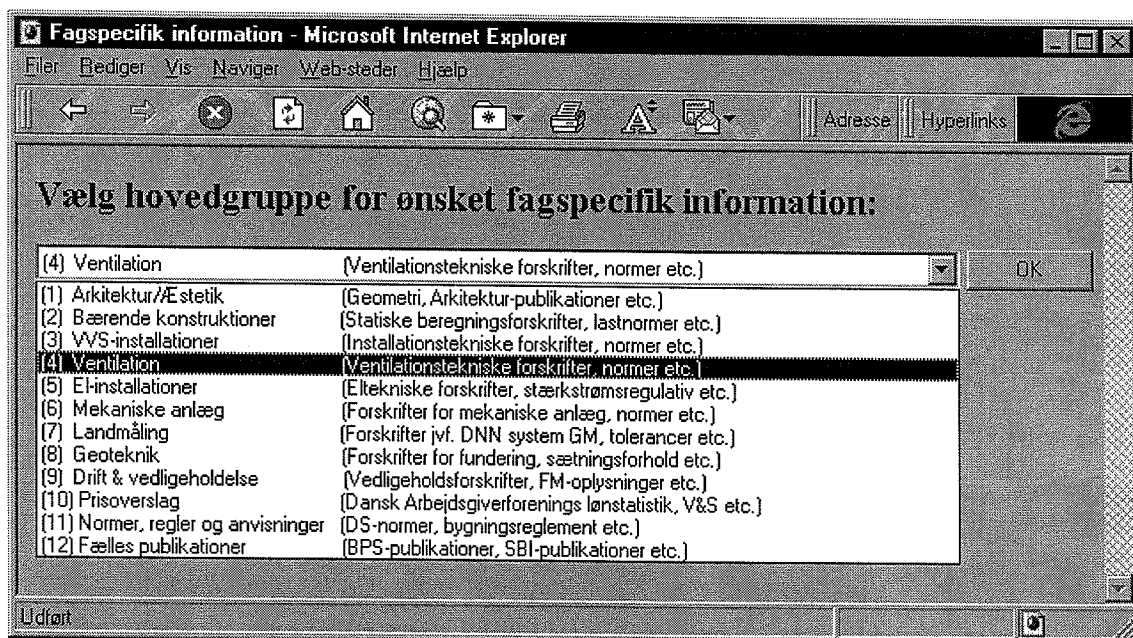
I det nyudviklede system foreslås et interface til disse byggevarespecifikke informationer som vist i figur 8.9.



Figur 8.9. Interface med hovedgrupper for byggevareinformation som der gives adgang til gennem det udviklede system. En SfB-klassificering er anvendt. En underliggende informationsstruktur findes hertil.

Web-tilgængelige fagspecifikke databaser

I de fagspecifikke databaser kunne for eksempel ligge Dansk Standards normpublikationer for de forskellige fagområder (el, konstruktion, VVS etc.) i nyeste udgave og i en velstruktureret form. Herved kunne alle projekterende etc. benytte informationerne (kopiere dem ind i projektet, ved statiske beregninger etc.) og opnå større sikkerhed for at alle krav er opfyldt. Tilsvarende kunne Byggeriets Planlægnings System (BPS) publikationer som Fælles beskrivelser, -tegninger ligge på disse databaser. Erfarmateriale kunne være et tredje eksempel på fagspecifik information som kunne placeres på disse Web-tilgængelige databaser. Endelig kunne beregningsapplikationer ligge tilgængelige for forskellige fagområder: VVS, el, bærende konstruktioner etc. I det udviklede system foreslås et interface til de fagspecifikke informationer som vist på figur 8.10.

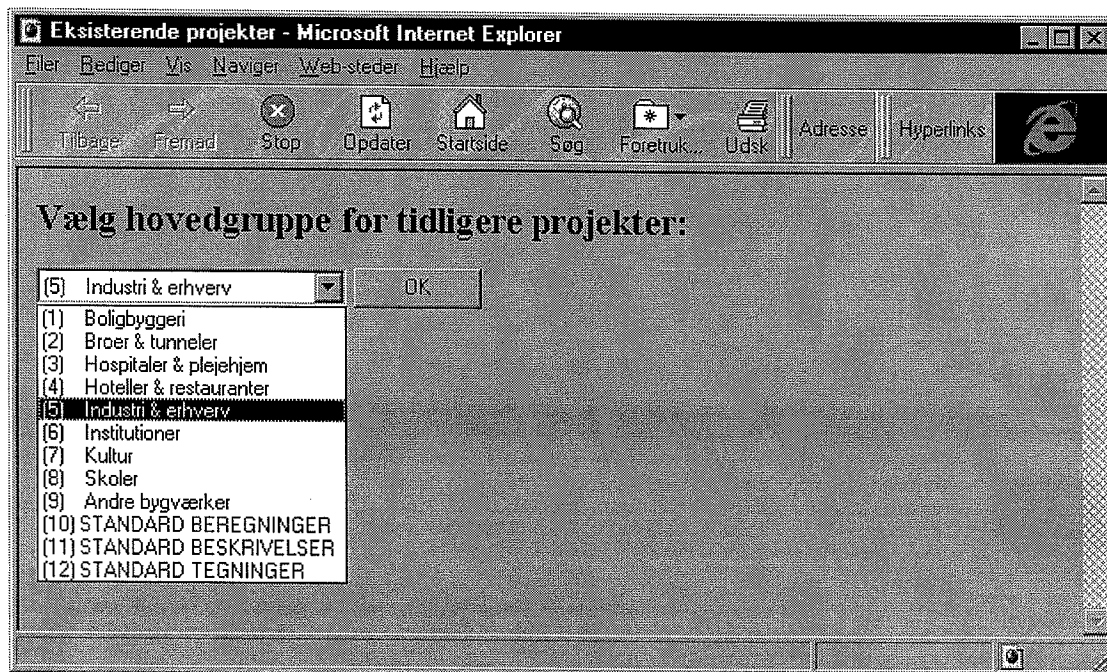


Figur 8.10. Interface med hovedgrupper for fagspecifik information som der gives adgang til gennem det udviklede system. En underliggende informationsstruktur findes hertil.

Web-tilgængelige projekt-specifikke databaser

I forsøget på at opnå bedre dataintegration kan det tilstræbes, at allerede udførte projektdata fra tidligere tiders projekter kan inddrages i det projekt der aktuelt er under udførelse. Man kan således forestille sig Web-tilgængelige databaser, der indeholder indeks for en række tidligere udførte projekter. Ved en velstruktureret registrering af disse projekter, kan relevante løsninger på delproblemer kopieres, redigeres og genanvendes i det aktuelle projekt. Igen skal databaserne standardiseres i et omfang der gør data-søgningen rentabel. Tillige skal en organisation opstilles, til sikring af informationerne, opdatering, varettagelse af spørgsmål omkring ophavsret etc. Man kunne forestille sig, at kommunerne havde ansvaret for databaserne. I forvejen modtager kommunernes tekniske forvaltninger projektdata fra de projekterende. Fremover kunne de modtages fra de projekterende i digital form, evt. i en form der minder om CIS-CAD strukturen som de projekterende alligevel ofte fremover vil skulle aflevere dataene i til bygherren.

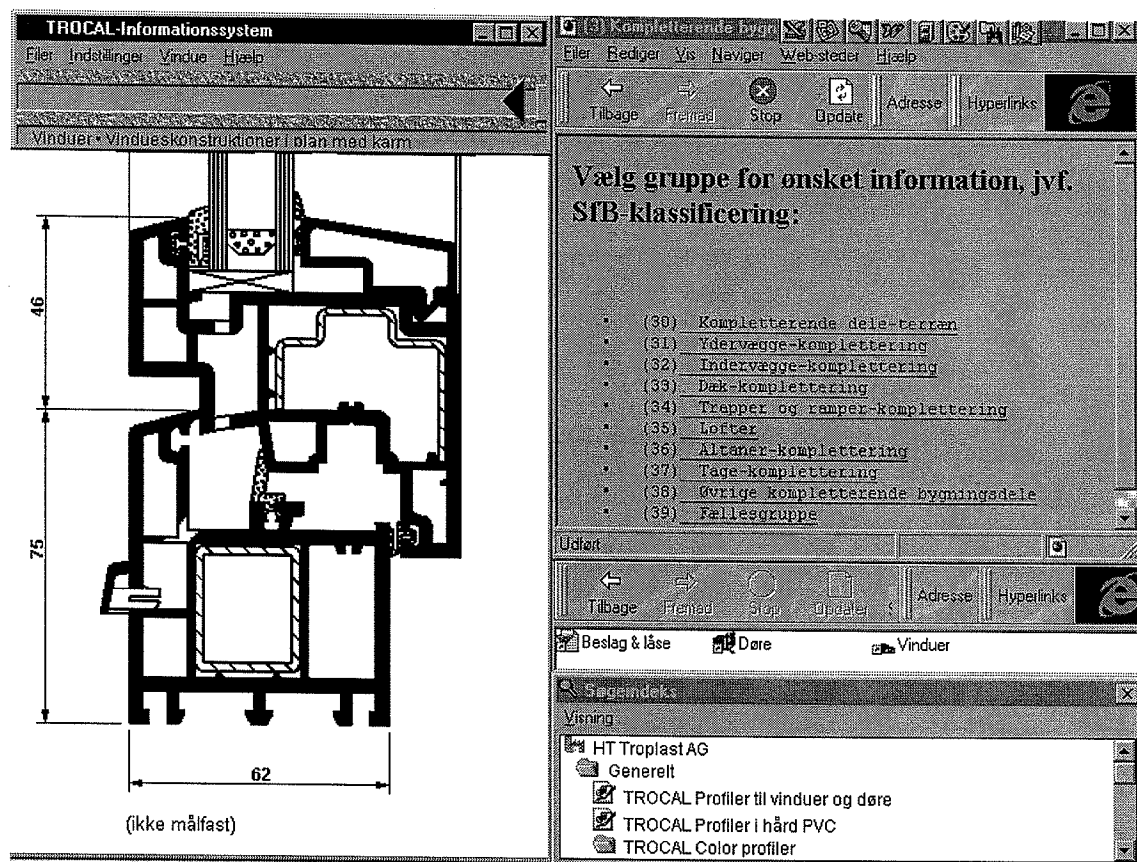
I det udviklede system foreslås et interface til projekt-specifikke informationer som vist i figur 8.11.



Figur 8.11. Interface med hovedgrupper for tidligere projekter og standard beregninger, -beskrivelser og -tegninger, der gives adgang til gennem det udviklede system. En underliggende informationsstruktur findes hertil.

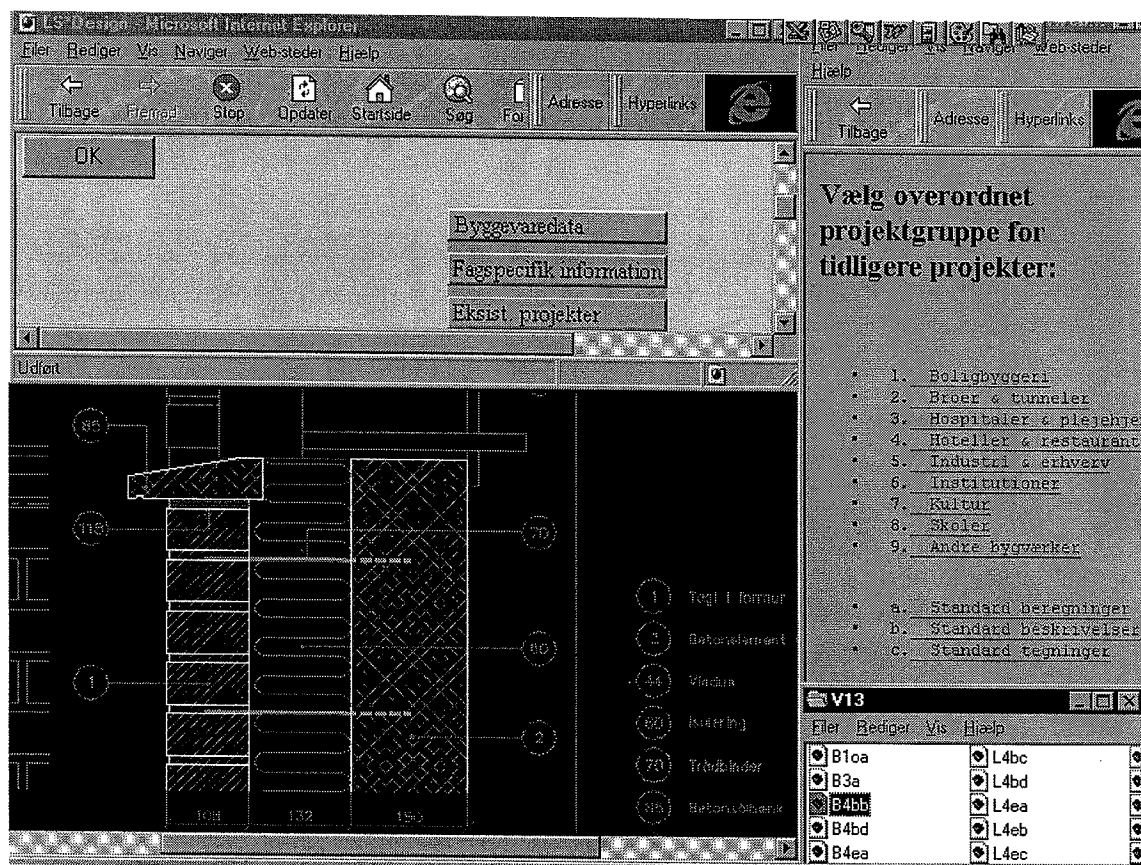
Et par eksempler på information som (vil kunne) hentes fra disse tre foreslåede typer af informationsbaser, gives nedenfor.

Et eksempel på tilgængelig information (her byggevaredata) er vist på figur 8.12.



Figur 8.12. Eksempel på tilgængelig byggevare-information. Her et tværsnit i en vinduesramme hentet via systemet. Byggevare-informationen er fundet ved at afkrydse feltet "Byggevaredata" i systemets bruger-interface, se figur 8.4. Herefter fremkom et skærbillede med i alt 10 SfB-hovedgrupper (figur 8.9). En af disse grupper, benævnt "Kompletterende bygningsdele" blev valgt og det øverste højre billede på denne figur fremkom derved. Her valgtes nr. 31 (Ydervægge-komplettering) og skærbilledet nedenfor på figuren kom frem (Beslag & låse, Døre, Vinduer). Ved valg af "Vinduer" blev et TROCAL-Informationssystem automatisk startet, og det viste vinduestværsnit blev valgt gennem det på figuren viste nederste højre skærbillede, benævnt "Søgeindeks".

Et andet eksempel på information hentet fra Web-tilgængelige databaser, under kategorien "Eksist. projekter", er vist på figur 8.13.

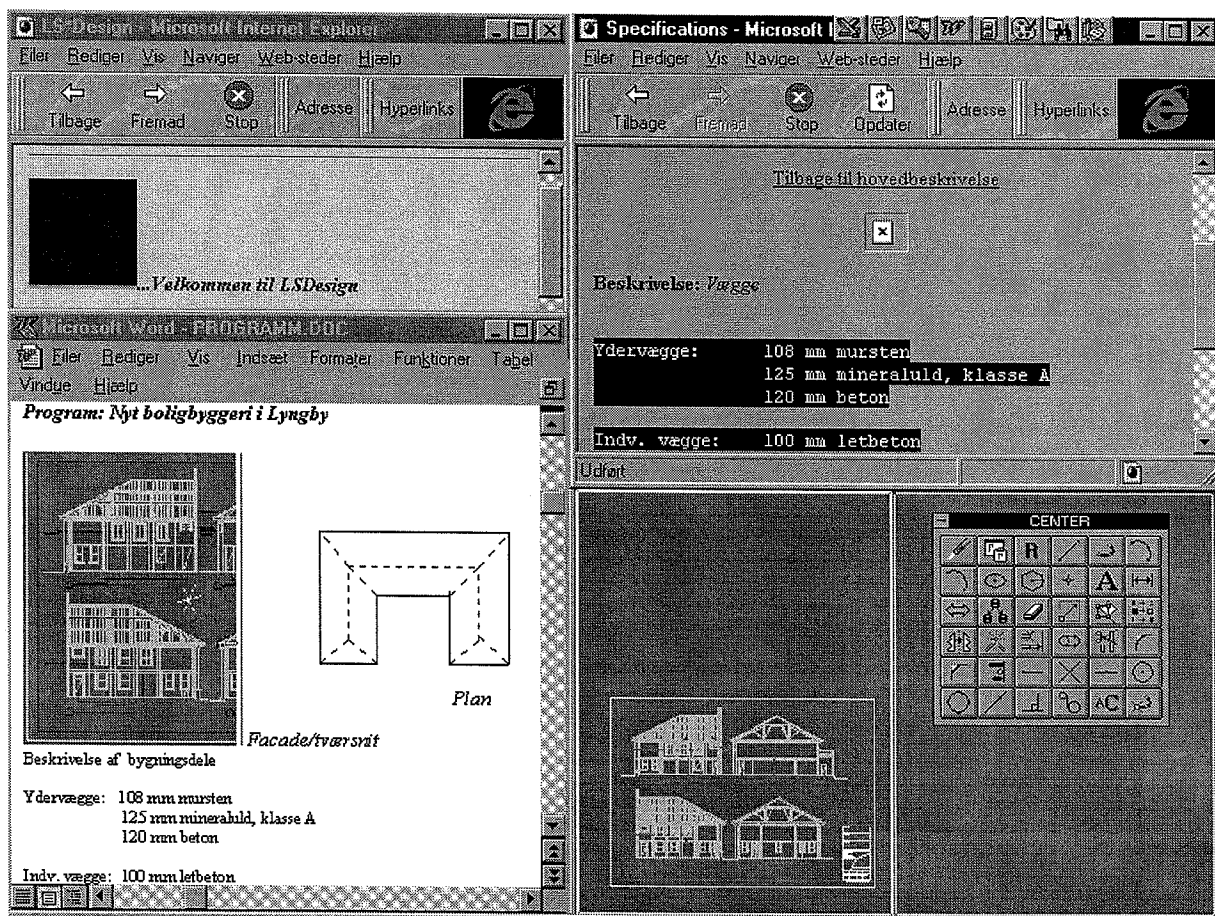


Figur 8.13. Eksempel på en standardtegning hentet fra "Eksist. projekter".

Tegninger kan placeres på disse Web-baser i forskellige ønskede filformater (.dwg, .dxf etc.). "Plug-ins" fås til standard Web-browsere og muliggør, at tegninger kan vises *direkte* i Web-browsersen, uden et CAD-system kræves installeret på den computer hvor visningen sker. Et eksempel kunne være Whip! (et plug-in), der muliggør visning i et neutralt "dwf"-format.

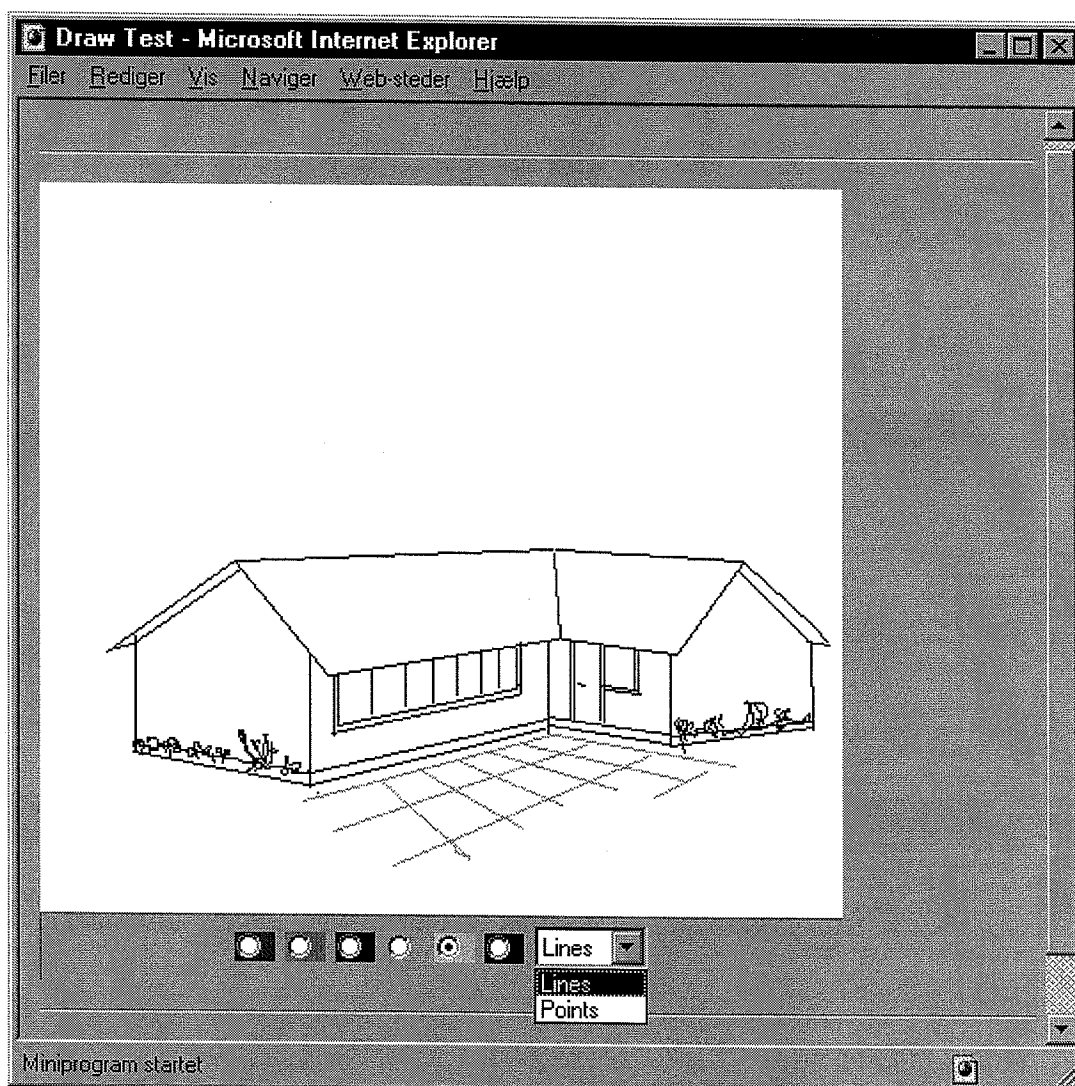
Ad 4. Værktøjer

Når en bruger skal skabe ny projektinformation, f.eks. en tegning, en beregning, en beskrivelse el. lign. så kan han/hun benytte informationer som er gemt på samarbejdspartneres Web-servere, på egen projektserver eller på de tilgængelige informationsbaser som eksempler er vist på i figur 8.12 og 8.13. På interfacet i figur 8.4 ses at være nogle *værktøjer* tilgængelige. Værktøjer (applikationer) kan startes enkeltvis eller samtidigt, og "undervejs" kan ønskede informationer hentes fra de netop beskrevne informationsbaser, projektservere etc. og indarbejdes i det nye dokument der er under udarbejdelse. Et eksempel på et dokument som er under udarbejdelse er givet på figur 8.14.



Figur 8.14. Eksempel på et dokument under udarbejdelse (nederst til venstre). Der integreres information fra to andre dokumenter som begge er åbnet gennem det nye system. Disse dokumenter kan fysisk være placeret enten på egen interne projektdatabase eller på eksterne samarbejdspartneres projekt Web-servere. De kunne også befinde sig på en Web-tilgængelig database. Systemet giver i alle tilfælde adgang dertil.

Fra det udviklede systems hovedinterface (figur 8.4) ses under "Værktøjer" en knap benævnt "Skitsering". Ved tryk på denne, opstartes en lille Web-applikation til brug for skitsering af diverse ideer der måtte komme under projekteringen. Et eksempel på brug af denne lille applikation er givet i figur 8.15. Skitserne kan gemmes eller udskrives efter ønske.



Figur 8.15 . Et eksempel på brug af en Web-applikation til skitsering, der kaldes fra det nyudviklede Web-baserede informationssystem.

Ad 5. Upload nye dokumenter til egen del af projekt Web-server

Når et nyt dokument er færdigt og klart til at kunne dele med eksterne samarbejdspartnere så skal dokumentet gemmes (uploades) til projekt Web-serveren på rette sted. Herefter er dokumentet tilgængeligt for kolleger, og yderligere udveksling (via disketter eller i papirform med postvæsen) er u-nødvendig. Der skal dog først afgives en dokument-ID for det eller de dokumenter som ønskes uploaded. Dette sker via det på figur 8.16 viste interface.

Kortfattet beskrivelse af hvad dokumentet indeholder (max. ca. 10 ord)

Fundamentsdetaljer for fundamenter i vestfløj

Dokumenttype

Teoringsfil

Dokument information

Filnavn 1-(12)-01 (DWG-format)

Beskrivelse Fundamenter, vestfløj

Revision B

Rev. dato 03.07.97

Uploaded af LSS

Dato 04.07.97

Send oplysninger Reset **Upload nu !!**

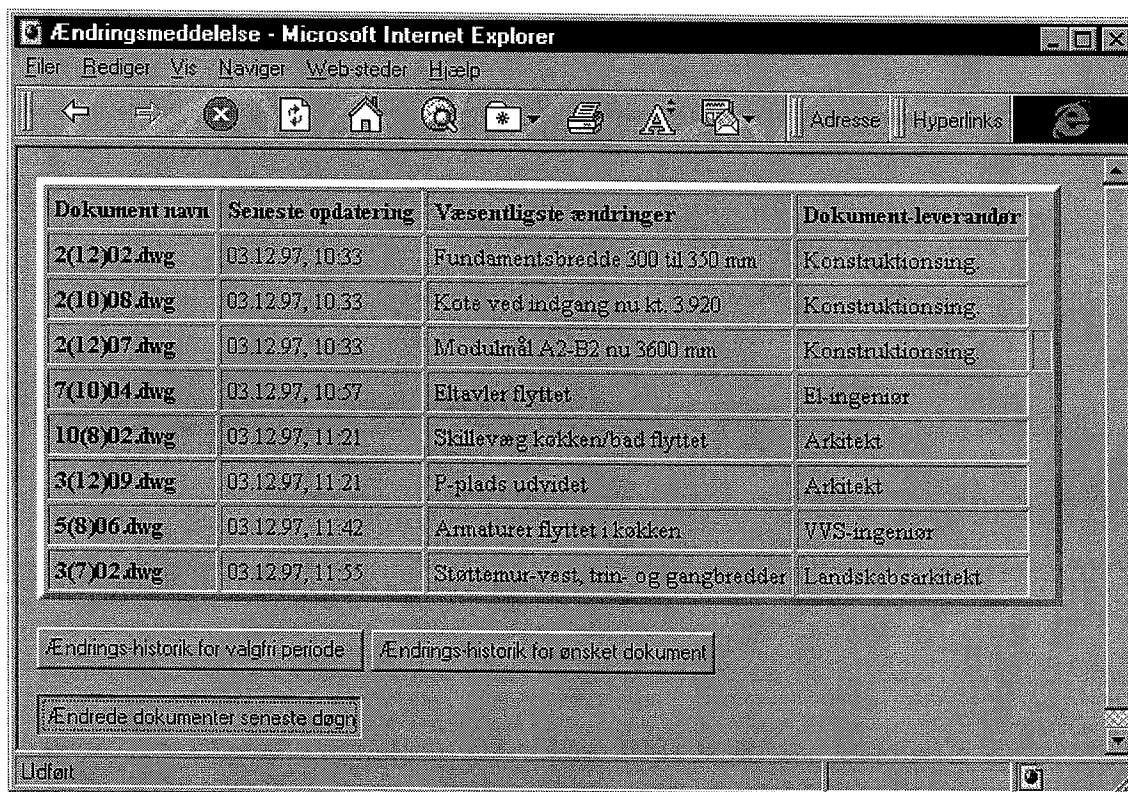
Senest revideret: september 30, 1997

Figur 8.16. Interface der benyttes når et nyt dokument skal uploades til projekt Web-serveren. De angivne dokumentoplysninger sendes via knappen "Send oplysninger". Når dette er gjort trykkes på feltet "Upload nu !!". Nu er både dokumentoplysninger og selve dokumentet gemt på Web-serveren. Dokumentet er derefter tilgængeligt for øvrige projektdeltagere.

Kommunikation af projektændringer

Det er vigtigt, at samarbejdspartnere bliver opmærksomme på, at der er sket en ændring med et dokument. Et dokument der ændres, er måske tidligere blevet downloaded af andre, som grundlag for en videreprojektering inden for et andet fagområde. For at disse personer kan få indarbejdet seneste ændringer, giver systemet mulighed for at følge hvilke ændringer der

er sket med forskellige dokumenter, over en ønsket tidshorisont. Dette sker via det interface der er vist på figur 8.17. Det seneste døgns ændrede, og uploadede dokumenter vil automatisk vises "hver morgen", for de projekter man logger sig ind på.



Dokument navn	Seneste opdatering	Vesentligste ændringer	Dokument-leverandør
2(12)02.dwg	03.12.97, 10:33	Fundamentsbredde 300 til 350 mm	Konstruktionsing
2(10)08.dwg	03.12.97, 10:33	Kote ved indgang nu kt. 3.920	Konstruktionsing
2(12)07.dwg	03.12.97, 10:33	Modulmål A2-B2 nu 3600 mm	Konstruktionsing
7(10)04.dwg	03.12.97, 10:57	Eltavler flyttet	El-ingeniør
10(8)02.dwg	03.12.97, 11:21	Skillevæg køkken/bad flyttet	Arkitekt
3(12)09.dwg	03.12.97, 11:21	P-plads udvidet	Arkitekt
5(8)06.dwg	03.12.97, 11:42	Armaturer flyttet i køkken	VVS-ingeniør
3(7)02.dwg	03.12.97, 11:55	Støttemur-vest, trin- og gangbredder	Landskabsarkitekt

Ændrings-historik for valgfri periode Ændrings-historik for ønsket dokument

Ændrede dokumenter seneste døgn

Udført

Figur 8.17. Det skærbillede som møder en bruger når der logges ind på et konkret projekt. Der er mulighed for at følge ændringer over ønsket tidshorisont, eller følge et specifikt dokumentes ændrings-historik.

Oprettelse af nyt projekt og -organisation

Når et nyt projekt, og tilhørende projektorganisation skal opstartes, skal det først registreres via systemet. Der skal afgives et projekt-ID hvor projektet gives et entydigt nummer og navn. Endvidere skal projektlederens navn og firmatilknytning angives, og projektparter skal alle identificeres gennem et login med brugernavn og password, for at projektinformationer kan beskyttes mod uvedkommendes adgang. Det interface som benyttes til registrering af projekter er vist på figur 8.18.

Projekter

Web-projekter

Projektnr.: Angiv projektets entydige nummer

Projekt navn: Angiv projektets navn (evt. kortnavn)

Projektleder: Angiv projektleders navn og firmatilknytning

Projektbeskrivelse: Giv en kort projektbeskrivelse

Projektorganisation: Beskriv projektorganisationen

Login: Angiv projektets password (til Web-server(e)) og alle deltageres brugernavn

Note:

Post: 1 af 1

Figur 8.18. Registrering af et nyt projekt til gennemførelse på det nyudviklede Web-baserede informationssystem.

Eksempel på EDI-aktiviteter udført via systemet.

Fra interfacet vist i figur 8.11 ses, ud over de tidligere projekter, også at være adgang til nogle STANDARD BEREGNINGER, -BESKRIVELSER og -TEGNINGER. For såvidt angår STANDARD BESKRIVELSER, så er der i systemet indarbejdet mulighed for at udføre egentlige EDI-aktiviteter. Kommunikation og genanvendelse af en række dokumenter (meddelelser) er her i centrum, og "standardiserede" dokumenter anvendes. Der er således placeret en "standardbeskrivelse" for udførelse af brovedligeholdelse¹. Standardbeskrivelsen kan betragtes som et "standardudbudsmateriale" for entrepriser vedrørende brovedligeholdelse. Materialet er nu tilpasset Internettet og udbudsmaterialet er placeret på en Web-server.

Følgende EDI-dokumenter, vist i skema 8.1, med tilhørende betegnelser er udarbejdet:

¹ Materialets fagspecifikke del er udviklet af forfatteren under ansættelse hos det rådgivende ingeniørfirma Birk & Boe A/S.

- Tillæg til almindelige betingelser..(AB 92)TAB 92
- OrienteringORI
- Brofortegnelse BFT
- Bestemmelser om udbud og tilbud BUT
- Særlige betingelser SB
- Arbejdsbeskrivelse ABS
- Arbejdsblade ARB
- Tilbuds- og afregningsgrundlag TAG
- Eftersynsrapport/rekvisition/fotobilag ERF
- Tilbudsliste TBL

Skema 8.1 Udarbejdede EDI-dokumenter og tilhørende "kortnavne"

Ideen med systemet beskrives gennem følgende scenarium:

1. *Registrering* af hver bro og tilhørende broreparationer for et antal broer udføres, typisk af en ingeniør, og indtastes *på brostedet* i en database på en (bærbar) computer. Indtastningen sker gennem formularer som vist på figur 8.19 og 8.20.

Bro nr. 12345		Beskrivelse : Pladebro – beton
Beliggenhed : Vesterbro		
Byggeår : 1931	Renoveret : 1962	
Km : 248,808		
Oprettet-dato : 22.09.1994		
Revideret-dato :		

Figur 8.19. Formular for indtastning af brodata (ID for broen)

		Besigtiget : 17-02-1994	
Bro nr.: 21198	Pos. : 3,00		
	Besigtiget af : LSS	Arbejdsblad : 8.01	
	Post : 8.01.1		
Mængde : 600,00	Enhed : m2		
Overskrift : Skaderegistrering på brostedet.			
Placering : Søjler, endevæg, brodæk underside	Beskrivelse : Afrensning af betonoverflader.		

Figur 8.20. Formular til brug for skaderegistreringen som foretages på brostedet.

På figur 8.20 ses et felt benævnt "Arbejdsblad". Her kan angives numre, som svarer til forskellige reparationer som er beskrevet på disse arbejdsblade. Hvert arbejdsblad har en korresponderende arbejdsbeskrivelse med samme nummer. Det er disse arbejdsblade og arbejdsbeskrivelser som beskriver entreprenørens arbejde. På figur 8.20 skal også angives en "Post", hvor der er mulighed for at supplere arbejdsbladets nummer med et løbenummer, som nærmere specificerer hvad reparationsarbejdet består i. Endelig skal der under registreringen angives en mængde (og en enhed) for den aktuelle reparations omfang.

2. Efter registreringen er foretaget for alle skader, laves en *EDI-aktivitet*, hvor registreringsdata *kommunikeres*, i den digitalt lagrede form, til et ERF-dokument (Eftersynsrapport/rekvisition/fotobilag) som er placeret på en Web-server, tilgængelig via det nyudviklede Web-system. Et lille udvalg af nogle registrerede reparationsdata, for en enkelt bro, givet ved ERF-dokumentet, er vist på figur 8.21.

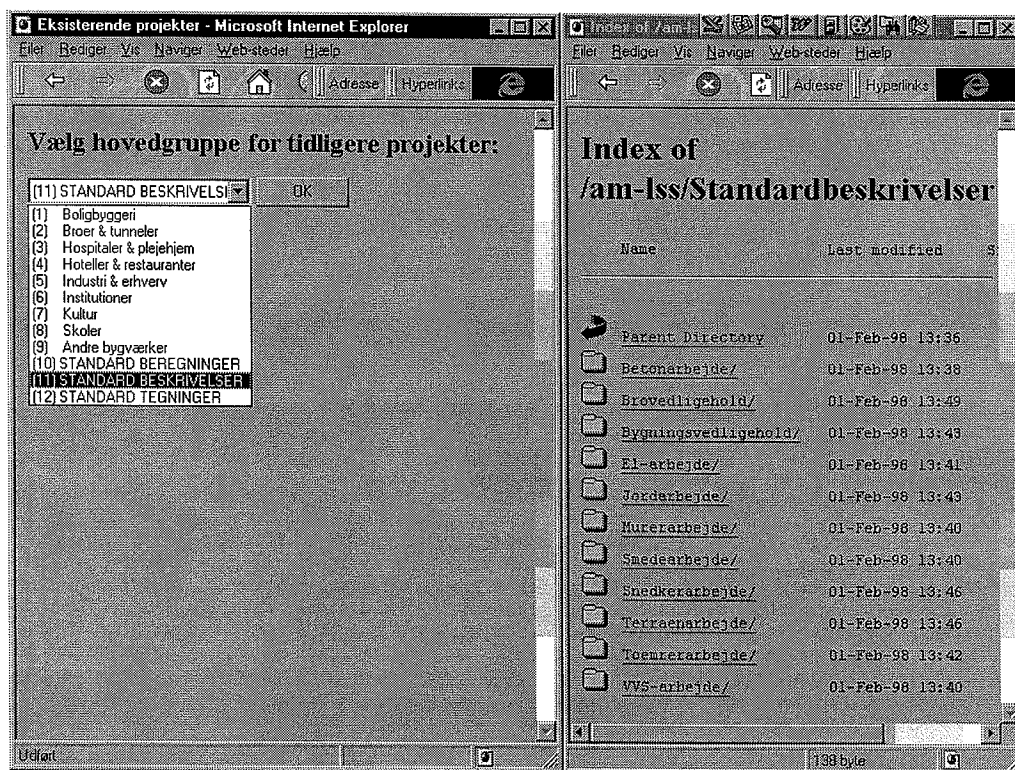
DSB – Anlægssektoren – Byggeledelses- og vedligeholdelsesteknik, blv. Eftersynsrapport/rekvisition/fotobilag (ERF).										
Strækning: Ab-Hj Bro nr.: 21198 Km : 248,808 Betegnelse : Vesterbro										
Rekvisition					Tilbud		Areal		Kvalitetssikring	
Pos.	Placering/Beskrivelse	Arb. blad nr.	Post	Mængde Enhed	Enhedspris	Pris ialt	Løft	Afmonte	Mod. Præst. kontrol	Stat. kontrol
1	DSB/banegårdsareal NV for banegård, ca. 200 m fra bro									
	Arbejdsplads, grad 2.	1.01	1.01.1	1,0 Fast sum						
2	Efter behov									
	Afskærmning	1.02	1.02	1,0 Fast sum						
3	Søjler, endevæg, brodæk underside									
	Afrensning af betonoverflader.	8.01	8.01.1	600,0 m2						

Figur 8.21. Registrerede reparationsdata efter EDI-aktivitet.

Nu forefindes reparationsdata i en anden form end den første, men data er direkte *kommunikeret og genanvendt*. ERF-dokumentet indeholder på dette tidspunkt i “EDI-processen”, alle de registrerede reparationsdata for alle de broer der skal vedligeholdes.

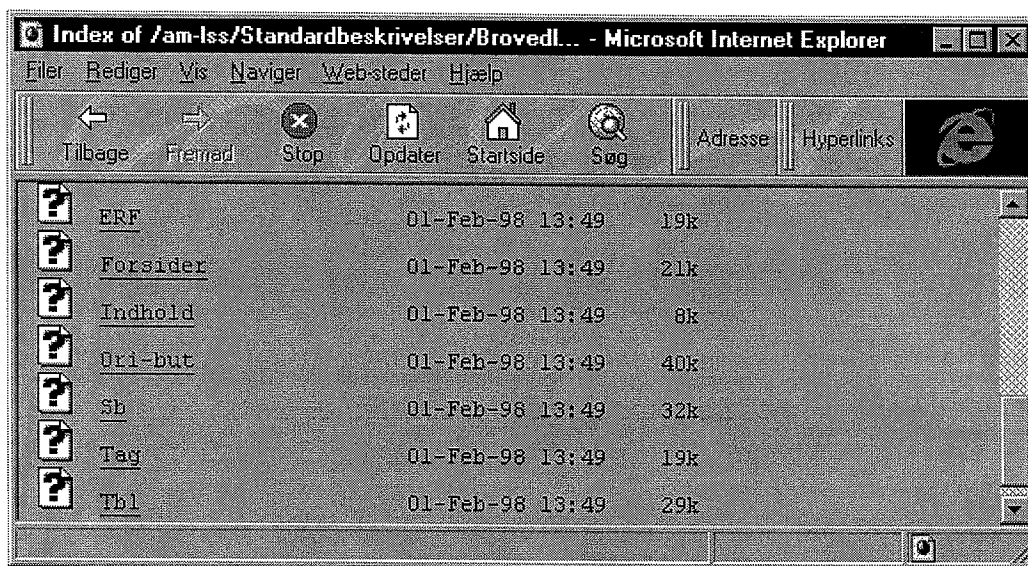
3. Det er nu tid til at indbyde nogle entreprenører til at afgive tilbud på udførelse af reparationsarbejderne. Ud over ERF-dokumentet skal de bydende dog have adgang til nogle supplerende dokumenter, nemlig de i skema 8.1 benævnte TAB 92, ORI, BFT, BUT, SB, ABS, ARB, TAG og TBL-dokumenter. Der skal ikke her gås i detaljer med alle disse dokumenttyper. Deres indhold fremgår tildels af skema 8.1. De centrale dokumenter i EDI-aktiviteterne er ABS, ARB, TAG, ERF og TBL. De øvrige dokumenter er mere af orienterende art samt specificering af juridiske bindinger i tilbudet etc.

4. De indbudte entreprenører får tilsendt det nyudviklede systems bruger-interface (figur 8.4) samt et login-navn/password til den Web-server hvorpå alle dokumenterne befinder sig. Gennem interfacet vist på figur 8.4 vælges “Eksist. projekter”, og et nyt skærbillede fremkommer. Se figur 8.22.



Figur 8.22. Et interface der giver rådgiver, bygherrer og entreprenører adgang til en række standard-informationer. Punkt 11 er valgt til venstre, hvorved billedet til højre fremkommer.

Entreprenøren vælger nu punktet “Brovedligehold”, hvorved et nyt skærbillede fremkommer. Se figur 8.23.



Figur 8.23. Skærbillede hvorfra entreprenøren har adgang til udbudsmaterialets EDI-dokumenter. ERF-dokumentet er et centralt dokument. I dette skal entreprenøren indtaste sine tilbudspriser ud for de forskellige reparationsposter, som allerede er udfyldt af udbyderen.

Entreprenøren downloader ERF- og TBL-dokumenterne fra skærbilledet vist på figur 8.23, og udfylder disse (direkte i dokumentet) “hos sig selv”.

Entreprenøren benytter i høj grad dokumenterne, betegnet ABS og ARB, som grundlag for at udregne den væsentligste del af tilbudsprisen, nemlig selve reparationsarbejderne². ABS- og ARB-dokumenterne kan entreprenøren vælge at se on-line på skærmen på samme server-lokalitet som ERF og de øvrige dokumenter befinder sig på eller han kan vælge at downloade dem. Et eksempel på et korresponderende dokumentpar af ABS og ARB er vist på figur 8.24.

² Af andre arbejder kan nævnes “Rådighedsret over materiel”, “Regningsarbejder” og “Vejrligsforanstaltninger”. Tilbudsafgivelsen til disse arbejder er ikke beskrevet nærmere i nærværende afhandling, men angives også gennem TBL-dokumentet.

DSB – Anlægssektoren. Byggeledelses- og vedligeholdelsesteknik, blv.			
Bro nr.: Km:	ARBEJDSBLAD: 8.01 Afrensning af begroede betonoverflader.		
Strækning: Aalborg – Hjørring			
Arbejdsoperationer: 1. Afskærmning i nødvendigt omfang til beskyttelse af trafikanter m.v. 2. Overfladerne renses ved trykspuling. 3. Efter trykspuling og udførelse af eventuelle reparationer, behandles overfladen med et sporedræbende middel.			
<table border="1"> <tr> <td> 8.01 AFRENSNING AF BEGROEDE BETONOVERFLADER. 1. Alment. Mos- og algebegroning fjernes med trykspuling efter nærmere aftale med tilsynet. Omfang af behandlingen fremgår af ERF. 2. Materialer. a. M20 (pentaklorfenolat): Længevirkende, men kræver arbejdsmiljømæssige foranstaltninger. b. Antimos: Holdbarhed 1 á 2 år, ingen særlige arbejdsmiljømæssige krav. 3. Udførelse. Ved udførelse af trykspuling skal foretages afskærmning i nødvendigt omfang til beskyttelse af trafikanter m.v. Vedr. afskærmning, se beskrivelsens afsnit 1.02. Efter fjernelse af mos- og algebegroning samt udførelse af eventuelle reparationer, behandles overfladen med et sporedræbende middel, som ovenfor anført. 4. Kontrol. Entreprenøren skal kontrollere, at afrensningen (materialespecifikationer, afskærmning samt afrensning) er udført i henhold til beskrivelsen, tilhørende arbejdsblade, fabrikantens anvisninger og eventuelle anvisninger fra tilsynet. 5. Dokumentation. Entreprenøren skal, såfremt arbejdet er udført i henhold til det foreskrevne, notere dette på ERF. </td> <td>ABS 1</td> </tr> </table>		8.01 AFRENSNING AF BEGROEDE BETONOVERFLADER. 1. Alment. Mos- og algebegroning fjernes med trykspuling efter nærmere aftale med tilsynet. Omfang af behandlingen fremgår af ERF. 2. Materialer. a. M20 (pentaklorfenolat): Længevirkende, men kræver arbejdsmiljømæssige foranstaltninger. b. Antimos: Holdbarhed 1 á 2 år, ingen særlige arbejdsmiljømæssige krav. 3. Udførelse. Ved udførelse af trykspuling skal foretages afskærmning i nødvendigt omfang til beskyttelse af trafikanter m.v. Vedr. afskærmning, se beskrivelsens afsnit 1.02. Efter fjernelse af mos- og algebegroning samt udførelse af eventuelle reparationer, behandles overfladen med et sporedræbende middel, som ovenfor anført. 4. Kontrol. Entreprenøren skal kontrollere, at afrensningen (materialespecifikationer, afskærmning samt afrensning) er udført i henhold til beskrivelsen, tilhørende arbejdsblade, fabrikantens anvisninger og eventuelle anvisninger fra tilsynet. 5. Dokumentation. Entreprenøren skal, såfremt arbejdet er udført i henhold til det foreskrevne, notere dette på ERF.	ABS 1
8.01 AFRENSNING AF BEGROEDE BETONOVERFLADER. 1. Alment. Mos- og algebegroning fjernes med trykspuling efter nærmere aftale med tilsynet. Omfang af behandlingen fremgår af ERF. 2. Materialer. a. M20 (pentaklorfenolat): Længevirkende, men kræver arbejdsmiljømæssige foranstaltninger. b. Antimos: Holdbarhed 1 á 2 år, ingen særlige arbejdsmiljømæssige krav. 3. Udførelse. Ved udførelse af trykspuling skal foretages afskærmning i nødvendigt omfang til beskyttelse af trafikanter m.v. Vedr. afskærmning, se beskrivelsens afsnit 1.02. Efter fjernelse af mos- og algebegroning samt udførelse af eventuelle reparationer, behandles overfladen med et sporedræbende middel, som ovenfor anført. 4. Kontrol. Entreprenøren skal kontrollere, at afrensningen (materialespecifikationer, afskærmning samt afrensning) er udført i henhold til beskrivelsen, tilhørende arbejdsblade, fabrikantens anvisninger og eventuelle anvisninger fra tilsynet. 5. Dokumentation. Entreprenøren skal, såfremt arbejdet er udført i henhold til det foreskrevne, notere dette på ERF.	ABS 1		

Figur 8.24. Et korresponderende ABS/ARB-dokumentpar til grund for tilbudsafgivelse og efterfølgende udførelse af arbejdet.

Efter at entreprenørens *samlede* tilbudspris er indtastet (i TBL) og de enkelte delpriser (i ERF), så skal disse to dokumenter igen uploades til Web-serveren. Dette sker til en forud aftalt Web-server, gennem det interface der blev vist i figur 8.16.

Et eksempel på en af entreprenøren udfyldt ERF (en lille del heraf), er vist på figur 8.25. Dette ERF-dokument uploades, som nævnt, til en Web-server, hvorved en ny EDI-aktivitet er foregået.

Dataudveksling og -integration i byggesektoren ved brug af IT

DSB – Anlægssektoren – Byggeledelses- og vedligeholdelsesteknik, blv. Eftersynsrapport/rekvisition/fotobilag (ERF).										
Strækning: Ab-Hj		Bro nr.: 21198		Km : 248,808		Betegnelse : Vesterbro				
Rekvisition					Tilbud		A'conto		Kvalitetsstyring	
Pos.	Placering/Beskrivelse	Arb. blad nr.	Post	Mængde Enhed	Enheds- pris	Pris ialt	Udført	A'conto	Med- Præsen- tation	Slut- kontrol
1	DSB/banegårdsareal NV for banegård, ca. 200 m fra bro									
	Arbejdsplads, grad 2.	1.01	1.01.1	1,0 Fast sum	kr 3.200,00	kr 3.200,00				
2	Efter behov									
	Afskærmning	1.02	1.02	1,0 Fast sum	kr 2.700,00	kr 2.700,00				
3	Søjler, endevæg, brodæk underside									
	Afrensning af betonoverflader.	8.01	8.01.1	600,0 m2	kr 38,00	kr 22.800,00				

Figur 8.25 Et eksempel på en af entreprenøren udfyldt side i ERF-dokumentet. Entreprenøren har udfyldt de to kolonner til højre ("Enhedspris" og "Pris ialt"). Udbyderen havde forinden udfyldt de øvrige kolonner.

5. Efter at alle tilbudsgiverne har afgivet deres tilbud, sammenlignes disse, og den billigste vælges, med mindre andre forhold peger på en anden. Entreprenøren opstarter arbejdet, og har krav på a'conto-udbetalinger, efterhånden som arbejdet skrider frem. For at styre disse udbetalinger, kommer der igen et par EDI-aktiviteter ind i billedet. Først udfyldes nogle data, af bygherren (eller dennes rådgiver) gennem et par formularer som vist på figur 8.26 og 8.27.

Bro nr.:	21198	Pos.:	3,00	Arbejdsblad:	8.01
Besigtiget af:	LSS	Grad:		Post:	8.01.1
Mængde:	600,00	Enhed:	m2	Enhedspris:	38,00
Overskrift: Enhedspriser.					
Placering	Søjler, endevæg, brodæk underside		Beskrivelse:	Afrensning af betonoverflader.	

Figur 8.26. Formular til indtastning af entreprenørens enhedspriser, til brug for a'conto-udbetalinger.

Bro nr.:	21198	Pos.:	3,00	Post:	8.01.1
Udført:	10 %	Mængde:	60,00	Overskrift:	A'contobegæring - dataindtastning.
Placering	Søjler, endevæg, brodæk underside		Beskrivelse:	Afrensning af betonoverflader.	

Figur 8.27. Formular til indtastning af den udførte andel af det samlede arbejde, til brug for a'conto-udbetalinger.

Når disse oplysninger er indtastet finder en ny EDI-aktivitet sted, idet oplysningerne skal kommunikerer til ERF-dokumentet (det ERF-dokument, hvorpå den *valgte* entreprenør allerede har indtastet sine tilbudspriser). Efter denne EDI-aktivitet er udført, ser ERF nu ud som vist på figur 8.28.

Dataudveksling og -integration i byggesektoren ved brug af IT

DSB - Anlægssektoren - Byggeledelses- og vedligeholdelsesteknik, blv. Eftersynsrapport/rekvisition/fotobilag (ERF).										
Strækning: Ab-Hj		Bro nr.: 21198		Km : 248,808		Betegnelse : Vesterbro				
Rekvisition					Tilbud		A'conto		Kvalitetssikring	
Pos.	Placering/Beskrivelse	Arb. blad nr.	Post	Mængde Enhed	Enhedspris	Pris ialt	Udført	A'conto	Modt./-Proceskontrol	Slutkontrol
1	DSB/banegårdsareal NV for banegård, ca. 200 m fra bro									
	Arbejdsplads, grad 2.	1.01	1.01.1	1,0 Fast sum	kr 3.200,00	kr 3.200,00	100,0 %	kr 3.200,00		
2	Efter behov									
	Afskærmning	1.02	1.02	1,0 Fast sum	kr 2.700,00	kr 2.700,00	90,0 %	kr 2.430,00		
3	Søjler, endevæg, brodæk underside									
	Afrensning af betonoverflader.	8.01	8.01.1	600,0 m2	kr 38,00	kr 22.800,00	10,0 %	kr 2.280,00		

Figur 8.28. ERF, efter at en a'conto-begæring er foretaget.

Entreprenøren får sin betaling i henhold hertil (evt. også ved en EDI-aktivitet ?).

6. Undervejs, når reparationsarbejderne udføres kan ERF-dokumentet endvidere benyttes af entreprenøren til dennes løbende kvalitetskontrol (proceskontrol etc.). Desuden kan en slutkontrol udarbejdes og indtastes på ERF-dokumentet ved arbejdets færdiggørelse, som vist på figur 8.29.

DSB - Anlægssektoren - Byggeledelses- og vedligeholdelsesteknik, blv. Eftersynsrapport/rekvisition/fotobilag (ERF).										
Strækning: Ab-Hj		Bro nr.: 21198		Km : 248,808		Betegnelse : Vesterbro				
Rekvisition					Tilbud		A'conto		Kvalitetssikring	
Pos.	Placering/Beskrivelse	Arb. blad nr.	Post	Mængde Enhed	Enheds-pris	Pris ialt	Udført	A'conto	Modt./-Proces-kontrol	Slut-kontrol
1	DSB/banegårdsareal NV for banegård, ca. 200 m fra bro									
	Arbejdsplads, grad 2.	1.01	1.01.1	1,0 Fast sum	kr 3.200,00	kr 3.200,00	100,0 %	kr 3.200,00	KP	JK
2	Efter behov									
	Afskærmning	1.02	1.02	1,0 Fast sum	kr 2.700,00	kr 2.700,00	90,0 %	kr 2.430,00	KP	JK
3	Søjler, endevæg, brodæk underside									
	Afrensning af betonoverflader.	8.01	8.01.1	600,0 m2	kr 38,00	kr 22.800,00	10,0 %	kr 2.280,00	KP	JK

Figur 8.29. ERF benyttet til entreprenørens proces- og slutkontrol.

Efter arbejdets færdiggørelse og aflevering haves, gennem ét og samme EDI-dokument (ERF), en dokumentation for:

1. Arbejdets rekvisition (udbud)
2. Entreprenørens tilbud
3. Fortløbende a'contoudbetalinger
4. Den udførte kvalitetssikring.

Altså, en høj grad af dataintegration er fundet sted.

8.4.5 Hvad giver informationssystemet brugerne ?

Som det fremgår af demonstrationen giver systemet brugerne adgang til en række værktøjer (applikationer som CAD-system, databaser, regneark, beregningsapplikationer, tekstbehandling etc.) fra et fælles, Web-baseret brugerinterface. Ved et klik på en knap, åbnes det ønskede værktøj. Samtidig giver systemet, på simpel vis, adgang til egne og andres informationer. Systemet vil resultere i en ændring i den traditionelle projekterings- og byg-

geproces, hvor firmaerne traditionelt har udvekslet dokumenter til hinanden i papirform eller sendt dokumenter på disketter, idet dokumenter udveksles gennem systemet, digitalt. Systemet nedsætter, den tid der bruges til at udskrive dokumenter, pakke dem, skrive følgebrev, sende med posten etc. Med systemet gives endvidere mulighed for større dataintegration, det vil sige genbrug af allerede udarbejdede informationer, eksempelvis gennem EDI-aktiviteter. Systemet virker som den platform, igennem hvilken EDI-aktiviteter udføres. Man trækker dokumentet over i sit eget område af projektdatabasen og arbejder videre på den der. Det er naturligvis en kopi der arbejdes videre på. Man kan frit udnytte "drag and drop" mellem de dokumenter der ligger i projektdatabasen. Endelig giver systemet adgang til en række Internet/Web-baserede informationsbaser, som for eksempel byggevareinformation om vinduer, døre, beton, stål etc. samt mere fagspecifikke informationer som publikationsoversigter, standarder, licitationer, beregningsapplikationer etc.

En oversigt over de faciliteter systemet giver den enkelte bruger og det samlede projektteam kan summeres således:

1. Letter adgang til projektinformation (såvel egen som andres) og til udveksling- og integrering af samme. Udvekslingen af information udføres gennem systemet blot ved at fremhæve det eller de ønskede dokumenter der ønskes udvekslet. Et view af hvert dokumentet kan gives før der up- eller downloades. Systemet åbner for brug af såvel objekter som for simple dataentiteter.
2. Systemet kan benyttes gennem hele byggeprocessen, lige fra den tidlige designfase, gennem projekteringsfaserne, opførelsesfasen og den efterfølgende drift- og vedligeholdelsesfase. Dette sikres ved, at alle parter (bygherrer, entreprenører og rådgivere) kontinuert, på simpel vis, kan koble sig op på hinandens projektdatabaser, udse og downloade ønskede dokumenter, kommunikere og genanvende information (EDI), skabe ny projektinformation etc.
3. Systemet bevirker at et projektforsløb kan afvikles mere smidigt (og hurtigere) end hidtil, idet kommunikationsopgaver gøres mindre tids- og ressourcekrævende. Der er ikke længere behov for at sende dokumenter (f.eks. i papirform eller på diskette) med postvæsenet. Alle informationer (breve, beregninger, tegninger, beskrivelser etc.) sendes/udveksles digitalt via systemet.

4. Der genereres “automatisk” tegnings- og dokumentlister ved brug af systemet. Dette sker når dokumenter uploades til systemets projektdatabase(r), idet dokument-ID skal afgives. Systemet genererer på baggrund heraf en dokumentliste som kontinuert er tilgængelig for samtlige projektdeltagere.
5. Sikrer en mere ensartet kvalitet på projektmateriale, idet alle dokumenter udarbejdes digitalt gennem systemets “værktøjskasse” og ved at integrere andet digital systemtilgængelig information. Der gives således fra systemets Web-baserede brugerinterface nem adgang til en række applikationer.
6. Giver adgang til “nye” informationer, placeret på tre typer af foreslåede digitale informationsbaser a) Byggevarerinformation b) Fagspecifik information (normer, beregningsforskrifter, beregningssystemer etc.) c) Tidligere udførte projekter. Disse informationsbaser forventes, på sigt, at være tilgængelige via Internettet. Baserne er i et vist omfang under opbygning, men gennem “spredte” tiltag. Der savnes en central organisation el. lign. som kan virke som “lokomotiv” for planlægning og udvikling af disse informationsbaser.

Endvidere efterlever systemet de systembehov der blev opstillet i afsnit 8.4.1, dog bortset fra støtte af en synkron samarbejdsproces nævnt som punkt 8. Endvidere er der endnu ikke indbygget egentlige CBR-faciliteter (kunstig intelligens) nævnt som et potentiale under punkt 11.

8.4.6 Ny computerteknologi er indført

Det udviklede system udnytter Internettets muligheder for, ved en let og billig måde, at etablere et computernetværk mellem virksomheder der ønsker at samarbejde. Samtidig benyttes World Wide Web (Web) til at øge systemets effekt, idet systemet (på sigt?) giver adgang til en række velstrukturerede relevante informationer placeret tilgængelige via Web'en.

Systemet kan forenes med eksisterende teknologi, infrastruktur etc. Ved at benytte den eksisterende Web-browser teknologi sammen med html-kode, Java-programmering og Visual Basic scripts, er etableret et brugerinterface, der benyttes som platform for hele systemet. Udviklere af de applikationer som systemet også giver adgang til, eksempelvis AutoCAD-systemet fra firmaet Autodesk, Office-pakken fra Microsoft etc. arbejder på, at

deres næste version i et vist omfang skal kunne understøtte Web-teknologi. Dette vil yderligere forbedre effekten af systemet.

Der findes p.t. ingen lignende integrerede Web-baserede projekteringssystemer på markedet. Byggesektoren har traditionelt været ret konservative når det gjaldt om at indføre ny teknologi, og som konsekvens heraf nye samarbejdsformer. Men med udbredelsen (og udnyttelse) af Web-teknologien og Internettets muligheder, sammen med den kendsgerning at langt størstedelen af byggeriets parter nu har EDB i huset, vurderes tiden moden til, også at implementere Web-baserede integrerede systemer til byggesektoren. Også selv om det vil medføre en mindre reorganisering af samarbejdsformen.

8.5 Stadig meget der skal gøres

Det præsenterede nyudviklede Web-baserede informationssystem skal ikke betragtes som et færdigudviklet system. Snarere som et forslag til "hvilken vej man kan gå"³, i bestræbelser på at opnå bedre anvendelse af IT i byggesektoren til gavn for dataudvekslings- og integrationsopgaver.

Systemet som det foreligger nu er, i et vist omfang, brugbart for et byggeteam. Det kræver blot en opkobling til Internettet og køb/leje af en projekt Web-server. Men når det gælder de Web-tilgængelige databaser som der gives adgang til via interfacet, vist på figur 8.4, så er en del stadig tilbage at ønske. Der haves dog allerede nu adgang til strukturerede (Web-baserede) byggevarer-informationer, f.eks. gennem Byggedata Online fra firmaet Byggecentrum. Adgang til Byggedata Online gives således også fra det nyudviklede system. Det er stadig et begrænset antal producenter som har lagt deres byggevarerdata på Byggedata Online systemet. På sigt vælger hovedparten af danske leverandører forhåbentligt at placere deres produktinformation på systemer som sikrer ensartet og velstruktureret information,

³ I starten af 1997 foreslog jeg i en artikel, se Tech World [1997], at den danske byggesektor nedsatte en central organisation til koordinering af en række i artiklen foreslåede Web-tiltag. I det følgende år fandt fælles tiltag rent faktisk sted (på baggrund af artiklen?) i tråd med de forslag der blev givet i artiklen. Foreløbige resultater dertil blev præsenteret på en Web-konference i Odense Congress Center, februar 1998. Et "Web-forum" er nu også blevet dannet som en central, drivende organisation, hvis sigte netop er at medvirke til koordinering af fælles danske Web-tiltag.

og som løbende opdateres og lagres i et format som umiddelbart kan indarbejdes i et projektteams dokumenter.

Desuden kunne man skele til den CIS-CAD struktur som Boligministeriet i Danmark er på vej til at gøre gældende for alt offentligt og offentligt støttet byggeri. Når projektdata i fremtiden skal afleveres i CIS-CAD strukturen åbnes nye muligheder. Hvorfor ikke lægge disse modtagne digitale projektdata ud på nogle centrale databaser, gerne Web-tilgængelige, til gavn for byggesektorens parter, når nye projekter skal opstartes. Det ville efterfølgende reducere behovet for at skulle "i kælderen" i kommunernes tekniske forvaltningers arkiver, hver gang oplysninger om naboejendommers geometri, funderingsforhold etc. skal findes, når et nyt byggeri skal opføres.

En anden begrænsning i brug af digitale data og kommunikation i byggesektoren, ligger i licitationsloven. De demonstrerede EDI-aktiviteter der blev udført via systemet er egentlig slet ikke "lovlige". I al fald ikke for den dels vedkommende, hvor entreprenøren skulle give tilbud via en digital tilbudsliste (TBL). I henhold til licitationsloven fordres nemlig:

- krav om skriftelighed
- krav om lukket kuvert
- krav om fysisk tilstedeværelse

Licitationsloven skal altså ændres før tilbud kan gives i digital form, og med en bindende "elektronisk underskrift". Det er teknisk muligt at lave en elektronisk underskrift og "kryptere" et dokument med denne. Herved kan ægtheden af et afgivet digitalt tilbud sikres. Endvidere er det teknisk muligt at "tidsstemple" et afgivet digitalt tilbud.

På sigt vil mere multimedie-præget byggevareinformation formentlig blive mere almindeligt på Web'en. F.eks. kan tekst og billeder suppleres med lyd- og videoklip når eksempelvis montageanvisninger, brugs- og vedligeholdelsesanvisninger etc. skal formidles til kunden. Standarder for hvordan dette gøres bør fastlægges for at sikre, at producenterne vælger samme filformater, ensartede informationsstrukturer etc. når informationerne skal offentliggøres.

Det beskrevne system kan implementeres med egentlige CBR-faciliteter som vil øge effekten af systemet. "Intelligent" informationsbehandling vil således kunne øge systemets "performance" og effektivisere bygningsprocessen ved brug af systemet.

De her nævnte "næste tiltag" der sigter på at opnå systemforbedringer, er planlagt udført i et ansøgt EU-støttet forskningsprojekt under IT-områdets Esprit-program. Temaet for projektet er *Information Access and Interfaces* og det foreslåede projekt kaldes *Web-accessible value-information during intuitive and interactive interfaces intended for the construction industry*. Projektets kortnavn er *WEBCON*. Der henvises til Sørensen [1997d], hvor projektforslaget er detaljeret beskrevet.

Med de efterhånden meget lave priser på Internet-opkobling incl. leje af server, så er tiden nu moden til forsøg med Internettet som et fælles netværk og "kommunikationskanal" for professionelle i byggesektoren. Men samtidig skal det ikke glemmes, at en netværksbaseret kommunikation og et netværksbaseret samarbejde har sine konsekvenser:

En netværksbaseret kommunikations- og samarbejdsproces der sætter informationstilgængelighed i centrum, ændrer vilkårene for information, organisation og samarbejde.

Undersøgelse og forskning i disse ændrede vilkår er i sig selv et nyt Ph.D.-projekt værdigt.

Kapitel 9. Konklusion

Projektet har haft det overordnede formål, at give forslag til hvorledes byggesektoren opnår større nytte af informationsteknologi under planlægning, opførelse og drift af et byggeri. Forslagene er givet ud fra en forudgående afdækning af det aktuelle informationsteknologiske niveau, som byggesektoren befinder sig på. Ydermere er forslagene givet under skelen til de hidtidige forskningsindsatser og disses gennemslag eller mangel på samme. De centrale begreber i rapporten er *dataudveksling* og *dataintegration*.

Dataudveksling foregår når personer eller virksomheder udveksler data indbyrdes. Der kan være tale om såvel papirbundne som elektronisk bundne breve, beregninger, tegninger etc.

Dataintegration indtræder når udvekslede data skabt af én applikation er forberedt for mulig direkte genanvendelse i en anden. Informationsteknologien kan benyttes til at sikre en større, og mere hensigtsmæssig dataudveksling og dataintegration under planlægning, opførelse og gennem den efterfølgende drift og vedligeholdelse af et bygningsværk.

Ved en hensigtsmæssig dataudveksling resulterende i en høj grad af dataintegration, forventes det, at byggesektorens produktions- og kvalitetsniveau vil øges.

Hindrende faktorer på IT-udnyttelsen

I indledningen blev der nævnt følgende:

“Såfremt et eller begge af to følgende forhold er kendetegnende for den tilgængelige informationsteknologi og dens anvendelse, vil et projektforsøg blive hæmmet”

1. Teknologien tilsvare ikke de behov og krav som byggeriets parter stiller til den.
2. Teknologien benyttes ikke optimalt.

Det har vist sig, og dokumenteret gennem dette Ph.D.-projekt, at begge forhold er en realitet i den danske byggesektor !

For at der kan opnås fuldt udbytte af informationsteknologien i byggesektoren kræves både:

1. At teknologien tilpasses byggesektoren men også det modsatte, nemlig
2. At byggesektoren skal ændre arbejdsmetoder og overveje nye projektor-
ganisationer.

Ad 1. Applikationer skal tilpasses byggesektorens behov, naturligvis. Der skal fra softwareudviklernes side gøres ihærdige og vedholdende indsatser med henblik på at udvikle systemer som ligger tættest muligt op af byggesektorens behov og den traditionsbundne måde som branchen arbejder på. Dette vil give en mere effektiv udnyttelse af teknologien, og være med til at sikre, at informationer kan identificeres og placeres i en hensigtsmæssig struktur, tilgængelig for andre og simple at integrere gennem byggeprocessen og på tværs af fag.

Ad 2. Byggesektoren skal tilpasse sine arbejdsmetoder til informationsteknologien, idet teknologien skaber nye opgaver og samarbejdsrelationer og overflødiggør andre. Byggesektoren har traditionelt været konservativ med hensyn til den organisering den har haft. En byggeopgave er således traditionelt blevet løst gennem et samarbejde mellem en række fagspecifikke virksomheder. Et byggeteam har traditionelt bestået af virksomheder som arkitekt, ingeniør, landinspektør, murer, tømrer, smed, elektriker etc. Bygherren og myndighederne har traditionelt ikke været særlig synlige gennem bygningsprocessen. Dette skal der også ændres på !

Det vil være til gensidig fordel for parterne, at bygherrer og myndigheder inddrages mere i processen. Haves et informationssystem til rådighed, som foreslået i denne afhandling, hvor bygherrer og myndigheder (og entreprenører) selv kan gå ind og hente de fornødne oplysninger, ja så vil alle spares for ressourcer i forbindelse med at holde hverandre informeret. Omvendt kan det foreslåede integrerede og netværksbaserede kommunikationssystem, som sætter tilgængelighed af information i centrum, være med til at bevirke, at myndigheder og bygningsejere motiveres til, på sigt, at stille databaser til rådighed med byggerelevant information.

Projektforløb og overordnede resultater

De hidtidige forsøg på opstilling af produktmodeller til byggesektoren har vist, at det er meget vanskeligt at samle alle informationer der kræves for at modellere et bygværk i én fælles totalmodel. En model skal nemlig på samme tid være fleksibel, nem at overskue og samtidig registrere samtlige relevante sammenhænge mellem alle indgående objekter. Dette konstateres gennem afhandlingen samt bekræftes endvidere af bl.a. Karlshøj [1994]. Samme sted blev det endvidere konkluderet, at det ikke er praktisk muligt at danne en produktmodel, som indeholder samtlige informationer om konstruktionsprojektering, dvs. blot ét fagområde. Det findes altså ikke umiddelbart nært foranstående at implementere produktmodelbaserede systemer til byggesektoren. Dette bekræftes i øvrigt gennem den udførte IT-undersøgelse. Ikke ét firma benyttede hverken produktmodelbaserede systemer eller STEP som udvekslingsformat.

Hvad skal man så gøre? Der er gennem projektet betragtet mulighederne indenfor området kunstig intelligens. Der er således introduceret området Case-based reasoning (CBR) som en mulighed når det gælder om at opnå mere fleksible modeller og informationssystemer til byggesektorens parter.

Internettets muligheder er endvidere undersøgt gennem projektet. Der er således forsket i de forskellige muligheder der ligger i at benytte Web-teknologi, herunder Web-servere, -browsere og -programmering til informationssystemer for byggesektoren. Der er opstillet et koncept for et fælles netværksbaseret samarbejds- og kommunikationssystem til gavn for alle byggesektorens parter gennem byggeprocessen. Tilgængelighed af projekthinformation, informationsdeling og -udveksling er i fokus i det foreslåede systemkoncept. Byggesektorens faktiske ønsker og behov er benyttet som grundlag for planlægning og udvikling af systemet. Ønsker og behov som blev afdækket gennem studiet, gennem et forløb som vist på omstående side.

- En analyse af eksisterende forhold for branchens anvendelse af informationsteknologi. Udført ved IT-undersøgelser i den danske byggesektor hvor status for og problemer med anvendelse af informationsteknologien blev afdækket
- Den kendte traditionelle projekteringsproces blev beskrevet
- En detailregistrering af aktiviteter og IT-anvendelse i en projekteringsproces, foretaget ved et udført forsøg
- Begrebet informationsmodellering er introduceret som baggrund for planlægning af nye informationssystemer
- Forskellige mulige systemkoncepter er beskrevet og diskuteret
- Der er udpeget trends i den internationale forskning. Udviklingen i den internationale forskning på området er taget i regning
- Der er udpeget trends i danske tiltag på området.
- Forskningens og initiativernes gennemslag i praksis er vurderet for bedre at kunne foreslå "en vej man kan gå"

Som en del af systemforslaget er der peget på muligheden for at der etableres nogle centrale, gerne Web-tilgængelige, informationsbaser der overordnet foreslås opdelt i tre grupper således:

- Byggevareinformation
- Fagspecifik information
- Eksisterende projektinformation

Det er klart, at etablering af sådanne baser kræver et kæmpe forarbejde med at fastlægge fælles strukturer for den information der skal placeres på baserne. Desuden kræves der en ekstraordinær indsats for at få løst problemer i forbindelse med vedligeholdelse af sådanne baser for ikke at tale om problemer i forbindelse med ophavsretten til informationerne. Der peges på behovet for, at der etableres en organisation der virker som "lokomotiv" i forbindelse med planlægning og etablering af disse Internet-tilgængelige informationsbaser til byggesektorens professionelle.

Som nævnt i kapitlerne 5 og 6 synes det i indeværende periode at være *kommunikation og informationstilgængelighed* som er i centrum. Med Internettets nærmest eksplosive udbredelse sammenholdt med branchens fokusering på kommunikation og informationstilgængelighed synes tiden at være moden til at branchens ønsker/behov og teknologien kan mødes. Man bør "gribe chancen" og forskere og softwareudviklere opfordres hermed til

at efterkomme branchens behov. Altså, der bør opstartes forskningsprojekter herhjemme, hvor enkel og intuitiv digital kommunikation og informationstilgængelighed er målet og hvor netværksbaserede, (lokalnet og Internet) informationssystemer er hovedmidlet til at nå målet.

Der er gennem projektet peget på behovet for standarder til udveksling af tekniske, grafiske og administrative data. Behovet øges i takt med den stigende udbredelse i anvendelse af informationsteknologien. Der er gennem undersøgelsen registreret ikke mindre end 13 forskellige CAD-systemer samt en pæn stigning i CAD-anvendelse og -udveksling blandt byggesektorens parter de seneste ca. 5 år.

Der er registreret en hel del problemer i forbindelse med dataudvekslingen for slet ikke at tale om dataintegrationen mellem parterne i en byggeproces. Der peges på muligheder for det nye IAI-samarbejde hvor såkaldte IFC-objekter udvikles til fælles brug for sektorens parter når projekthinformation skal udveksles. Samarbejdets resultater virker umiddelbart lovende når det gælder om at kunne genanvende de digitale data som en kommunikations- og informationstilgængelig verden medfører.

EDI som hviler på EDIFACT-standarden nævnes også som en mulighed når det gælder om at udvikle nogle fælles standardiserede dokumenter (tilbudslister, følgesedler, tilsynsnotater, fakturaer etc.). Endelig er der på det seneste fremkommet nye Internetbaserede standarder som eksempelvis, DWF-formatet (en de facto standard) som kan benyttes når CAD-tegninger udveksles over Internettet.

Der er i afhandlingen peget på projekter der har forsøgt at klarlægge og placere ansvarsforhold i forbindelse med aflevering af digitalt projektmateriale. Der er behov for yderligere tiltag i denne retning, og specielt ansvarsforhold i forbindelse med en øget digital kommunikation, herunder digitale udbud og tilbud. Licitationsloven bør tages op til revision med henblik på at muliggøre "elektroniske licitationer" via netværker.

Der er gennem projektet kigget på byggesektorens egne behov og ønsker til fremtidige IT-systemer, herunder standarder. Endvidere er skelet til sektorens ønsker og fremtidsplaner når det gælder digital dataudveksling. Endelig er deres syn på den "ny byggekultur" forårsaget af informationsteknologiens indførelse taget i ed, herunder også sektorens udtalelser om hid-

tidige organisatoriske ændringer, procedurer etc. forårsaget af IT-indførelsen.

Projektvurdering

Hvorvidt projektets målsætning nævnt i indledningen er opfyldt, det vil sige at bidrage til forskningsområder som kan resultere i:

- 1) At byggeprocessen generelt kan effektiviseres ved, at data- og informationsudvekslingen kommer til at forløbe mere 'gnidningsfrit' end tilfældet er i dag.
- 2) At der drages større nytte af dataintegration, det vil sige, at allerede skabte informationer i et projektforsløb udnyttes af flere af byggesagens parter gennem hele byggeprocessen.

må læseren være med til at bedømme. Det vurderes dog, at den dokumentation omkring dataudveksling og -integration der er skabt gennem projektet, diskussionerne om forskellige fremgangsmåder, forslag til hvordan forskning og praksis mødes samt det udviklede informationssystem til sammen giver et godt bidrag til disse områder.

Kapitel 10. Referencer

- [Aamodt, 1993] Aamodt, A. *Explanation-driven retrieval, reuse, and learning of cases*. In EWCBR-93: First European Workshop on Case-Base Reasoning. Uni. of Kaiserslautern SEKI Report SR-93-12 (SFB 314) (Kaiserslautern, Germany, 1993) 279-284. 1993.
- [Aamodt & Plaza, 1996] Aamodt, A. and Plaza, E. *Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches*. Publ.in AICom-Artificial Intelligence Communications, Vol. 7, No. 1, 1996.
- [Abb, 1996] Abb. *ISDN-telebaseret CAD udveksling*. Pjece nummer 2. April 1996.
- [Anderson, 1983] Anderson, J.R. *The architecture of cognition*. Harvard University Press, Cambridge. 1983.
- [Ashley, 1991] Ashley, K. *Modeling legal arguments: Reasoning with cases and hypotheticals*. MIT Press, Bradford Books, Cambridge. 1991.
- [Augenbroe, 1994a] Augenbroe, G. *An overview of the COMBINE project*. Faculty of Civil Engineering, TU Delft, The Netherlands. 1994.
- [Augenbroe, 1994b] Augenbroe, G. *COMBINE follow-ups*. Faculty of Civil Engineering, TU Delft, The Netherlands. 1994.
- [Bareiss, 1989] Bareiss, R. *Exemplar-based knowledge acquisition: A unified approach to concept representation, classification, and learning*. Boston, Academic Press. 1989.

- [Björk and Wix, 1991] Björk, B.-C. and Wix, J. *An Introduction to STEP*. VTT Technical Research Centre of Finland and Wix McLelland Ltd., England. 1991.
- [Björk, 1993] Björk, B.-C. *Byggproduktmodeller- Nuläge*. R27, Lunds Tekniska Högskolan, Lund, Sverige, 1993.
- [Björk, 1994] Björk, B.-C. *RATAS Project-Developing an Infrastructure for Computer Integrated Construction*. Computing in Civil Engineering, 8(4), pp. 401-435.1994.
- [Boligministeriet, 1994] Boligministeriet. *CIS-CAD struktur, Normfastsættelse og vejledning*, Danmark, 1994.
- [Boligministeriet, 1997a] Boligministeriet. *CIS-CAD vejledning*. ISBN 87-601-7114-6. Danmark, 1997.
- [Boligministeriet, 1997b] Boligministeriet. *CIS-CAD eksempeldata*. Danmark, 1997.
- [Borchersen, 1995] Borchersen, E. *CAD-systemer (niveauer)*. Fra forelæsningsnotat. Kursus 6915, CAD i byggesektoren. Instituttet for Husbygning, Danmarks Tekniske Universitet. Forår 1995.
- [BPS, 1989] BPS. *CAD i udførelsesfasen*. BPS-publikation 70. Januar 1989.
- [BPS, 1990a] BPS, *CAD-dataudveksling, tegningsudveksling i dansk byggeri- et grundlag for CAD-samarbejde i byggeriet*. Rapport, der beskriver nogle af projektresultaterne fra TUP-projektet (kaldet "Fælles Format projektet), BPS-publikation 84, sep. 1990.
- [BPS, 1990b] BPS. *"fiB"-et fælles informationssystem i byggesektoren*. BPS-centret, august 1990.

- [BPS, 1992] BPS *CAD-undersøgelse 91- et grundlag for CAD-samarbejde i byggeriet*. TR-initiativområdet: Daudveksling i byggesektoren. BPS-centret, maj 1992.
- [Branting, 1991] Branting, K. *Exploiting the complementarity of rules and precedents with reciprocity and fairness*. In: Proceedings from the Case-Based Reasoning Workshop 1991, Washington DC, Sponsored by DARPA. Morgan Kaufmann, pp 39-50. 1991.
- [Byg tek, 1997] Byg tek. *Entreprenører kan afgive tilbud via Internettet*. 14. årg., nr. 11, november 1997.
- [Dubois et al, 1994] Dubois, A.M., Flynn, J., Verhoef, M. H. G. and Augenbroe, G. L. M.. *Conceptual Modelling Approaches in the COMBINE project*. First ECPPM Conference, Dresden. 1994.
- [Eastman, 1982] Eastman, C.M., *Recent developments in representation in the science of design*. Design Studies, pp 45-52. 1982.
- [Eastman, 1991] Eastman, C.M. *Modeling of Buildings: Evolution and Concepts*. CIB W78, University of California, p. 14, 1991.
- [Eastman, 1994] Eastman, C.M., *Managing integrity in design information flows, draft paper*. Graduate School of Architecture and Urban Planning, University of California, Los Angeles, 1994.
- [Eastman et al, 1994] Eastman, C.M., Chase, S. C. and Assal, H. H. *System architecture for computer integration of design and construction knowledge*. In White, I. and Tzonis, A. (eds.), *Automation Based Creative Design*, Elsevier Science B.V., Amsterdam, 1994.

- [EDI-Byg, 1996] EDI *Det offentliges rolle ved indførelse og anvendelse af EDI i dansk byggeri*. Udredningsrapport, foreløbig udgave, maj 1996.
- [EITI, 1989] EITI *Systemspecifikationer for leverancestyringen* EntreprenørInformation, 1989.
- [EPFL and ETH, 1996] *No title*. On the Internet URL-address: [http://lia
www.epfl.ch/lia/research/cadre/](http://lia.www.epfl.ch/lia/research/cadre/). 1996.
- [Fenves et al, 1994] Fenves, S., Flemming, U., Hendrickson, C., Maher M L., Quadrel, R., Terk, M. and Woodbury, R. *Concurrent Computer-integrated Building Design*. PTR Prentice-Hall, Inc. 1994. ISBN 0-13-175753-9. 1994.
- [Flemming and Woodbury, 1995] Flemming, U. and Woodbury, R. *Software Environment to Support Early Phases in Build Design SEED) Overview*. Journal of Architectural Engineering. Vol. 1, no. 4,. Publ. by the American Society of Civil Engineers. pp. 147-152. Dec. 1995.
- [FRI, 1989] FRI. *Fremtidens projektering. Informationshåndtering fra idé til drift*. Foreningen af Rådgivende Ingeniører. Udarbejdet af FRI's Bygge og Anlægsudvalg. August 1989.
- [Froese and Poulson, 1992] Froese, T. M. and Poulson, Jr.. *Integrating Project Management Systems Through Shared Object Oriented Project Models*. Published in Applications of Artificial Intelligence in Engineering VII. Elsevier Applied Science. 1992.
- [Fruchter, 1996] Fruchter, R. (1996). *Multi-Site Cross-Disciplinary AEC Project Based Learning*. Computing in Civil

- Engineering. Proceedings of the Third Congress held in conjunction with AEC Systems '96. Anaheim, California. Publ. by the American Society of Civil Engineers, New York. pp. 126-132, 1996.
- [Galle, 1994] Galle, P. *Product Modelling for Building Design* Ann. bibliography. CABDU, Technical University of Denmark, Denmark. 1994.
- [Galle, 1995] Galle, P., *Towards integrated, "intelligent", and compliant computer modelling of buildings*. Automation in Construction 4 pp. 189-211. 1995.
- [Gardner, 1995] Gardner, P. J. *IT in structural engineering*. (results of the members' survey on IT and computers). The Structural Engineer, Vol. 73, No. 21/7.1995.
- [Hansen, 1995] Hansen, P.S. *Opbyg dit eget ekspertsystem*. Udgivet af Undervisningsministeriet. Projekt nr. 2238. Malchow Bogtryk. Printed in Denmark, 1995.
- [Hertz, 1990] Hertz, K. *Objektorienteret programmering til CAD*, Instituttet for Husbygning, DTH, 1990.
- [Hertz, 1995] Hertz, K. *Bygningsprojekteringsprocessen*. Notat, Instituttet for Husbygning, Danmarks Tekniske Universitet, 1995.
- [Karlshøj, 1994] Karlshøj, J. *Principper og metoder for opstilling af datamodeller til byggetekniske anvendelser*, ABK, Danmarks Tekniske Universitet, 1994.
- [Kolodner, 1983] Kolodner, J. *Maintaining organization in a dynamic long-term memory*. Cognitive Science, Vol. 7, pp. 243-280. 1983.
- [Kolodner, 1993] Kolodner, J. *Case-based Reasoning*. 1993.

- [Koton, 1989] Koton, P. *Using experience in learning and problem solving*. Massachusetts Institute of Technology, Laboratory of Computer Science (Ph.D.-diss October 1988). MIT/LCS/TR-441. 1989.
- [Lockley et al, 1994] Lockley, S.R., Rombouts, W. and Plokker, W. *The COMBINE Data Exchange System*. 1994.
- [Maher et al, 1996] Maher, M. L., Simoff, S. and Cicognani, A. *The potential and Current Limitations in a Virtual Design Studio*. Key Centre of Design Computing, University of Sydney. Australia. 1996.
- [Marir and Watson, 1994] Marir, F. and Watson, I. *Case-Based Reasoning: A Categorised Bibliography*. Department of Surveying, University of Salford, M5 4WT, UK. Publ. in The Knowledge Engineering Review, Vol. 9, No. 3, 1994.
- [NCSA, 1996] NCSA. *Guide to HTML*. NCSA, revised April 1996. Published on the Web, e-mail address: pubs@ncsa.uiuc.edu. 1996.
- [Owen, 1993] Owen, J. *STEP An Introduction*. Product Data Engineering. Information Geometers, UK. Printed by Bookcraft Ltd. 1993.
- [Penttilä and Björk 1988] Penttilä, H. and Björk, B.C. *Data Structures in Computer Aided Building Design*. (Building Book, Helsinki). 1988.
- [Pols, 1991] Pols Albert, A.J. *Conceptual modelling of buildings assemblies: bridging the gap between building data and design integrity*. Delft University of technology, CIB W78, , p.12, 1991.
- [Ross, 1989] Ross, B.H. *Some psychological results on case-based reasoning*. Case-Based Reasoning Workshop, DARPA 1989. Pensacola Beach. Morgan

- Kaufmann, pp. 144-147. 1989.
- [Skalak and Rissland, 1992] Skalak, C.B. and Rissland, E. *Arguments and cases An inevitable twining*. Artificial Intelligence and Law, An International Journal, 1(1). 1992.
- [Smith and Medin, 1981] Smith, E. and Medin, E. *Categories and concepts*. Harvard University Press. 1981.
- [Snyder, 1995] Snyder, J. *A semantic modeling System for Computer Aided Design*. In Advances in Computer-Assisted Building Design Systems. 1995.
- [Strube, 1991] Strube, G. *The role of cognitive science in knowledge engineering*. In: F.Schmalhofer, G. Strube (eds.), Contemporary knowledge engineering and cognition: First joint workshop, proceedings, Springer, pp. 161-174. 1991.
- [Sørensen, 1995] Sørensen, L.S., *IT-undersøgelse i byggesektoren* CABDU News nr. 3. pp 2-5. Computer Aided Building Design Unit, c/o Institutet for Husbygning, DTU, 2800 Lyngby, Danmark. 1995.
- [Sørensen & Jacobsen, 1995] Sørensen, L.S. og Jacobsen, K. *COMBINE 2 seminar*. CABDU News nr. 3. pp 5-8. Computer Aided Building Design Unit, c/o Institutet for Husbygning, DTU, 2800 Lyngby, Danmark. 1995.
- [Sørensen, 1996] Sørensen, L.S. *IT-Undersøgelse '95. En undersøgelse af den danske byggesektors IT-anvendelse*. Rapport. R-004, IBE, DTU, 1996.
- [Sørensen, 1996a] Sørensen, L.S. *IT-Investigation '95 - a survey of the Danish Construction industries use of computing*. A short version in English. Published on the Internet URL-address: <http://www.arch.usyd.edu.au/kcdc>. 1996.

- [Sørensen, 1996b] Sørensen, L.S. *Product models for the Construction industry*. In Danish. Dep. of Building and Energy, Technical University of Denmark. 1996.
- [Sørensen & Andersen, 1996c] Sørensen, L.S. and Andersen, T. *The current state of computing in building design and construction: A detailed survey*. CABDU-paper, Technical University of Denmark, published in Proceedings to ITCSED Conference Aug. 1996, Glasgow, Scotland. Edited by B. Kumar. 1996.
- [Sørensen, 1996d] Sørensen, L.S. *Planning a World Wide Web based design computer system supporting a collaborative design process*. By author, at KCDC/Uni. of Sydney and continued at Dep. of Buildings and Energy, Technical University of Denmark. 1996.
- [Sørensen, 1997] Sørensen, L.S. *A Web-based computer system supporting information access, exchange and management during building processes*. Dep. of Buildings and Energy, Technical University of Denmark Paper, accepted to CIB W78 Conference, jun, 1998
- [Sørensen, 1997a] Sørensen, L.S. *IT-terminologi i byggesektoren*. Danmarks Tekniske Universitet, Inst. for Bygninger og Energi. Rapport R-014. ISBN 87-7877-013-0. 1997.
- [Sørensen, 1997b] Sørensen, L.S. *Registrering og analyse af en projekteringsproces*. Danmarks Tekniske Universitet, Inst. for Bygninger og Energi. Rapport R-018. ISBN 87-7877-017-3. 1997.
- [Sørensen, 1997c] Sørensen, L.S. *An overview of case information representation in Case-Based Reasoning systems*. Institut for Bygninger og Energi, Danmarks Tekniske Universitet, 1997.

- [Sørensen, 1997d] Sørensen, L.S. *Proposal to a EU-funded project under the scope of the Esprit-programmes theme: "Information Access and Interfaces"*. Shortname of the project: WEBCON. IBE, DTU. Dec. 1997.
- [Tech World, 1997] Tech World. *Nu skal byggebranchen til at koncentrere sig om Internet*. Artikel skrevet af A. Balogh på baggrund af interview af Lars Schiøtt Sørensen. Tech World nr. 3, marts 1997.
- [Tulving, 1972] Tulving, E. *Episodic and semantic memory*. In E. Tulving and W. Donaldson: *Organization of memory*. Academic Press, pp. 381-403. 1972.